Deutscher Bundestag **Drucksache 19/8400**

19. Wahlperiode 28.02.2019

Unterrichtung

durch die Bundesregierung

Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2019

Laut Beschluss des Deutschen Bundestages zur Neuordnung des Berichtswesens zu Forschung und Innovation vom 22. Juni 2006 legt die Bundesregierung dem Deutschen Bundestag seit dem Jahr 2008 einmal jährlich das Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit vor, das durch eine unabhängige Gruppe renommierter Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler verfasst und verantwortet wird.

Das Gutachten 2019 wurde am 27. Februar 2019 von der Expertenkommission Forschung und Innovation an die Bundesregierung übergeben. Die Stellungnahme der Bundesregierung erfolgt im Rahmen der Berichterstattung zur Hightech-Strategie 2025.

Zugeleitet mit Schreiben des Bundesministeriums für Bildung und Forschung vom 27. Februar 2019 gemäß Beschluss vom 22. Juni 2006 (Bundestagsdrucksache 16/1705).

GUTACHTEN ZU FORSCHUNG,
INNOVATION UND TECHNOLOGISCHER
LEISTUNGSFÄHIGKEIT
DEUTSCHLANDS

EXPERTENKOMMISSION
FORSCHUNG
UND INNOVATION



GUTACHTEN 2019

Unser Dank gilt
Prof. Dr. Dr. Ann-Kristin Achleitner, Prof. Dr. Carsten Agert, Engelbert Beyer, Prof. Dr. Werner Brinker, William Dinkel, Prof. Dr. Christoph von Einem, Prof. Dr. Manfred Fischedick, Prof. Dr. Monika Gross, Bernhard Hecker, Dr. Markus von der Heyde, Andrea Heyn, Oliver Hunke, Oliver Janoschka und dem Team des Hochschulforum Digitalisierung, Dirk Kanngiesser, Dr. Matthias Kölbel, Dr. Ramón Kucharzak, Prof. Dr. Olaf Kübler, Fabian Leipelt, Prof. Dr. Andreas Löschel, Dr. Dietrich Nelle, Prof. Dr. Gudrun Oevel, Prof. Dr. Ada Pellert, Dr. Gisela Philipsenburg, Dr. Johann Pongratz, Prof. Dr. Heinz Riesenhuber, Dr. Ulrich Romer, Dr. Frank Sander, Helena Schulte to Bühne, Prof. Dr. Achim Seifert, Dr. Nina Siedler, Dr. Stephanie Steimann, Dr. Robin Tech, Dr. Rodoula Tryfonidou, Dr. Johannes Velling und Prof. Dr. Achim Wambach.

Ferner danken wir allen Personen, die an der Erstellung der Studien zum deutschen Innovationssystem mitgewirkt haben.

Die Expertenkommission weist darauf hin, dass die im Gutachten dargelegten Positionen nicht notwendigerweise die Meinungen der genannten Personen wiedergeben.

Mitglieder der Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI)

Prof. Dr. Uschi Backes-Gellner
Universität Zürich, Institut für Betriebswirtschaftslehre, Lehrstuhl für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, insbesondere empirische Methoden der Arbeitsbeziehungen und der Personalökonomik

Prof. Dr. Christoph Böhringer
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg, Department für Wirtschafts- und Rechtswissenschaften, Lehrstuhl für Wirtschaftspolitik

Prof. Dr. Uwe Cantner
Friedrich-Schiller-Universität Jena,
Lehrstuhl für Volkswirtschaftslehre/Mikroökonomik

Prof. Dietmar Harhoff, Ph.D.
(Vorsitzender)
Max-Planck-Institut für Innovation und Wettbewerb

Prof. Dr. Katharina Hölzle
Universität Potsdam, Lehrstuhl für Innovationsmanagement und Entrepreneurship

Prof. Dr. Monika Schnitzer
(stellvertretende Vorsitzende)
Ludwig-Maximilians-Universität München,
Seminar für Komparative Wirtschaftsforschung

Dieses Gutachten beruht auch auf der sachkundigen und engagierten Arbeit der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der EFI-Geschäftsstelle sowie der Kommissionsmitglieder.

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der EFI-Geschäftsstelle

Christine Beyer
Dr. Jano Costard
Dr. Helge Dauchert
Dr. Dorothee Ihle
Dr. Petra Meurer
Antje Michna
Christopher Stolz

Studentische Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter
Pia Katschke
Vincent Victor

Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Kommissionsmitglieder

Dr. Martin Kalthaus,
Friedrich-Schiller-Universität Jena,
Lehrstuhl für Volkswirtschaftslehre/Mikroökonomik

Patrick Lehnert,
Universität Zürich, Institut für Betriebswirtschaftslehre, Lehrstuhl für Allgemeine Betriebswirtschaftslehre, insbesondere empirische Methoden der Arbeitsbeziehungen und der Personalökonomik

Valeska Maul,
Universität Potsdam, Lehrstuhl für Innovationsmanagement und Entrepreneurship

Felix Montag,
Ludwig-Maximilians-Universität München,
Seminar für Komparative Wirtschaftsforschung

Lea-Victoria Kramkowski,
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg,
Department für Wirtschafts- und Rechtswissenschaften, Lehrstuhl für Wirtschaftspolitik

Dr. Myriam Rion,
Max-Planck-Institut für Innovation und Wettbewerb

Dr. Roland Stürz,
Max-Planck-Institut für Innovation und Wettbewerb

Dr. Alexander Suyer,
Max-Planck-Institut für Innovation und Wettbewerb

Inhaltsverzeichnis

C STRUKTUR UND TRENDS

Vorwort

Die Bundesregierung hat nach einem verzögerten Start zahlreiche forschungs- und innovationspolitische Pläne für die neue Legislaturperiode vorgelegt. Einige der wichtigsten kommentiert die Expertenkommission in ihrem Kapitel A 1. In der neuen Hightech-Strategie 2025 hat sich die Bundesregierung erneut zu dem Ziel bekannt, bis zum Jahr 2025 Mittel in Höhe von 3,5 Prozent des Bruttoinlandsprodukts für FuE aufzuwenden. Die derzeit budgetierten Mittel reichen allerdings nicht aus, um dieses Ziel zu erreichen. Die Expertenkommission drängt nochmals auf die zügige Einführung einer steuerlichen FuE-Förderung, mit Fokussierung auf KMU. Sie empfiehlt der Bundesregierung zudem, die geplante Agentur zur Förderung von Sprunginnovationen mit großen Freiräumen auszustatten. Ohne Unabhängigkeit von politischer Steuerung wird die Agentur die in sie gesetzten Erwartungen nicht erfüllen können.

Mit ihrer Strategie Künstliche Intelligenz (Kapitel A 2) dokumentiert die Bundesregierung die hohe Bedeutung, die sie diesem Forschungsfeld beimisst. Das Fördervolumen von drei Milliarden Euro (bis 2025) erscheint angemessen. Die derzeitige Fassung der KI-Strategie bleibt allerdings in vielen inhaltlichen Punkten vage und muss zeitnah konkretisiert werden. Vor einer Gießkannenpolitik bei der Forschungsförderung warnt die Expertenkommission ausdrücklich. Die Expertenkommission erachtet allerdings einen breit angelegten Erkenntnistransfer für notwendig. Sie befürwortet den konsequenten Ausbau von europäischen Kooperationen, um im Verbund der EU-Partnerländer mit den USA und China als den führenden Nationen auf dem Gebiet der KI-Forschung mithalten zu können.

In Kapitel A 3 untersucht die Expertenkommission die Förderstrukturen der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG), der wichtigsten Forschungsförderorganisation Deutschlands und vergleicht sie mit wichtigen Forschungsförderorganisationen in Großbritannien, den Niederlanden, der Schweiz und den USA. Es zeigt sich, dass die DFG in ihrer Förderung starkes Gewicht auf Förderprogramme legt, die Kooperation und Strukturbildung erzielen sollen. Zudem fällt auf, dass bei der Einzelprojektförderung die durchschnittlichen Fördersummen der Neuanträge bei der DFG vergleichsweise gering und die Laufzeiten relativ kurz sind. Die Expertenkommission regt an zu prüfen, ob die hohe Gewichtung strukturbildender Förderformate nicht zugunsten einer Stärkung der Förderung von Einzelprojekten korrigiert werden sollte.

In Kapitel B 1 würdigt die Expertenkommission die große Bedeutung von Start-ups im Innovationssystem. In Deutschland hat sich in den letzten Jahren eine lebendige Start-up-Szene entwickelt, die räumlich stark konzentriert ist. Um weltweit sichtbare Start-up-Ökosysteme zu fördern, gilt es, ihrer räumlichen Konzentration nicht entgegenzuwirken, sondern bereits bestehende oder sich herausbildende Ökosysteme auszubauen. Start-ups in Deutschland haben – insbesondere in der Wachstumsphase – noch immer Probleme, genügend Wagniskapital zu bekommen. Die Rahmenbedingungen für private Investitionen in Start-ups müssen daher weiter verbessert werden; insbesondere müssen auch Anreize für institutionelle Anleger gesetzt werden, damit diese stärker in Wagniskapital investieren.

In Kapitel B 2 untersucht die Expertenkommission, welchen Beitrag die Forschungs- und Innovationspolitik zur Energiewende leisten kann. Wichtige innovative Technologien und Geschäftsmodelle für eine Dekarbonisierung des deutschen Energiesystems sind heute schon marktreif oder werden es in Kürze sein. Ihre Diffusion wird aber vor allem durch zu geringe CO_2-Preise und regulatorische Vorgaben gehemmt. Um diese Hemmnisse abzubauen, sollten Abgaben und Umlagen auf Energie über alle Wirtschaftssektoren hinweg an der Klimaschädlichkeit bzw. dem CO_2-Gehalt von Energieträgern ausgerichtet werden. Um den Erfolg der Energiewende nicht zu gefährden, sollte die Politik Reformoptionen sozialverträglich gestalten, ohne dabei die Lenkungswirkung von Maßnahmen für den Klimaschutz einzuschränken.

In Kapitel B 3 befasst sich die Expertenkommission mit Blockchain-Technologien, welche es erlauben, Daten unveränderbar und fälschungssicher digital zu speichern und zu übertragen. Deutschland befindet sich in einer guten Position, um die wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Potenziale dieser Technologien auszuschöpfen. Es gilt allerdings, den Einsatz und die Weiterentwicklung von Blockchain-Technologien mit einem flexiblen Regulierungsrahmen – beispielsweise in Form von Reallaboren – voranzutreiben. Weiterhin ist ein Wissens- und Kompetenzaufbau in Gesellschaft und Verwaltung nötig, um die Chancen und Risiken des Einsatzes dieser Technologien verlässlich einschätzen zu können.

In Kapitel B 4 analysiert die Expertenkommission die Digitalisierung der deutschen Hochschulen. Die befragten deutschen Hochschulen messen der Digitalisierung eine sehr hohe Bedeutung bei, die sich aber noch nicht im erreichten Stand der Digitalisierung widerspiegelt. Die Expertenkommission sieht daher deutliche Entwicklungspotenziale, vor allem in den Bereichen Lehre und Verwaltung. Die aktuellen Governancestrukturen der Hochschulen erschweren dabei den weiteren Digitalisierungsprozess. Damit die Digitalisierung insgesamt gelingen kann, müssen die Hochschulen ihre Verwaltung weiter modernisieren. Die Expertenkommission spricht sich dafür aus, die Hochschulen durch die Einführung einer Digitalisierungspauschale bei der Bewältigung dieser Aufgabe zu unterstützen.

Die Expertenkommission sieht die zahlreichen Initiativen der vergangenen Monate als ein klares Zeichen, dass die Bundesregierung an ihr forschungs- und innovationspolitisches Engagement der vergangenen Jahre anknüpft und dem Thema auch weiterhin hohe Priorität einräumt. Nun sollte die Bundesregierung ihren Ankündigungen zeitnah Taten folgen lassen und ihre ambitionierten Pläne energisch und klug abgestimmt umsetzen.

Berlin, den 27. Februar 2019

Prof. Dietmar Harhoff, Ph.D. (Vorsitzender)	**Prof. Dr. Monika Schnitzer** (stellvertretende Vorsitzende)
Prof. Dr. Uschi Backes-Gellner	**Prof. Dr. Christoph Böhringer**
Prof. Dr. Uwe Cantner	**Prof. Dr. Katharina Hölzle**

KURZFASSUNG

Kurzfassung

A Aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen

A 1 Kommentare zur aktuellen Forschungs- und Innovationspolitik

Die Hightech-Strategie 2025 (HTS 2025) wurde im September 2018 vom Bundeskabinett beschlossen. Hier wird das Ziel formuliert, bis zum Jahr 2025 Mittel in Höhe von 3,5 Prozent des Bruttoinlandsprodukts für FuE aufzuwenden. Die Expertenkommission fordert die Bundesregierung dazu auf, in dieser Legislaturperiode in ausreichendem Maße Mittel bereitzustellen, um ihren Beitrag zur schrittweisen Erreichung des 3,5-Prozent-Ziels leisten zu können.

Die Expertenkommission begrüßt ausdrücklich, dass die digitale Transformation in der HTS 2025 prominent berücksichtigt wird, mahnt aber eine rasche Umsetzung der angekündigten Maßnahmen an.

Die Expertenkommission drängt nochmals auf die zügige, von ihr auch schon früher empfohlene Einführung der steuerlichen FuE-Förderung mit besonderer Berücksichtigung der KMU.

Das Bundeskabinett hat im August 2018 beschlossen, eine Agentur zur Förderung von Sprunginnovationen zu gründen. Um die angestrebten Ziele zu erreichen, muss die Agentur über große Freiräume verfügen und im Tagesgeschäft mit einem Höchstmaß an Unabhängigkeit von politischer Steuerung agieren können. Das derzeit knapp bemessene Budget sollte mittelfristig erhöht werden.

Derzeit berät die Gemeinsame Wissenschaftskonferenz über Nachfolgevereinbarungen zum Pakt für Forschung und Innovation (PFI) und zum Hochschulpakt. Bei der Fortschreibung des PFI sollte ein stärkeres Augenmerk auf den Erkenntnis- und Technologietransfer gelegt werden. In der Nachfolgevereinbarung zum Hochschulpakt sollten bei der Mittelvergabe an die Hochschulen neben kapazitätsbezogenen auch qualitätsbezogene Indikatoren berücksichtigt werden.

A 2 Künstliche Intelligenz – Die KI-Strategie der Bundesregierung

Die Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung ist am 15. November 2018 von der Bundesregierung verabschiedet worden. Die Expertenkommission begrüßt, dass die Bundesregierung dieser wichtigen Technologie mit einem Mitteleinsatz von drei

Milliarden Euro (bis 2025) eine erhebliche Förderung zukommen lassen will. Die derzeitige Fassung der KI-Strategie hat nach Ansicht der Expertenkommission aber erheblichen Weiterentwicklungsbedarf, da sie in vielen Punkten vage bleibt. Vor allem bedarf es eines Implementierungsplans mit klar definierten Zielvorgaben.

Die Expertenkommission sieht die Absicht der Bundesregierung mit Skepsis, mindestens 12 KI-Kompetenzzentren aufzubauen. Die Bundesregierung sollte die veranschlagten Mittel vor allem zur Stärkung der bereits bestehenden KI-Standorte verwenden, um leistungsfähige und international sichtbare KI-Ökosysteme zu schaffen.

Angesichts des überhitzten Arbeitsmarkts für KI-Fachleute erscheint es zudem fraglich, ob die von der Bundesregierung angestrebten 100 Professuren qualitativ hochwertig besetzt werden können. Stattdessen sollten diese Mittel gestaffelt über einen längeren Zeitraum sowohl für die Besetzung von unbefristeten als auch für Tenure-Track-Professuren eingesetzt werden. Die europäische Zusammenarbeit in Forschung und Transfer muss dringend gestärkt werden. Auch hier fehlen derzeit noch Details zu den angekündigten Maßnahmen.

Die derzeit gebräuchlichen Verfahren des maschinellen Lernens benötigen große Trainingsdatensätze. Das begünstigt die KI-Forschung in Ländern wie den USA oder China. Die Bundesregierung sollte deshalb zum einen Maßnahmen ergreifen, um die Verfügbarkeit von Daten allgemein zu verbessern. Zum anderen müssen spezifische Standortvorteile Deutschlands stärker in den Fokus der Förderung genommen werden. Hierzu zählt die hohe Verfügbarkeit von maschinenbezogenen Daten oder von Datensätzen mit relativ hoher Datenqualität.

A 3 Förderstrukturen in der Grundlagenforschung und Publikationen im internationalen Vergleich

Für die kompetitive Finanzierung der Grundlagenforschung ist die DFG die zentrale Forschungsförderorganisation in Deutschland. Die Förderstrukturen sowie die Publikationen aus geförderten Projekten der DFG werden mit denen der wichtigsten Forschungsförderorganisationen in Großbritannien, den Niederlanden, der Schweiz und den USA verglichen. Der internationale Vergleich deutet darauf hin, dass die DFG eine starke Gewichtung auf Förderprogramme legt, die Kooperation und Strukturbildung erzielen sollen. Gleichzeitig sind in der Einzelprojektförderung die durchschnittlichen Fördersummen der Neuanträge bei der DFG vergleichsweise gering und die Laufzeiten relativ kurz. Die starke Gewichtung auf Förderprogramme, die Kooperation und Strukturbildung erzielen sollen, sollte einer kritischen Überprüfung unterzogen werden. Außerdem könnte es sinnvoll sein, eine Erhöhung der durchschnittlichen Förderbeträge und maximalen Laufzeiten in der Einzelprojektförderung vorzunehmen.

Auffällig ist auch die unterdurchschnittliche internationale Zusammenarbeit, gemessen anhand der Ko-Autorenschaften von Publikationen mit Verweis auf die DFG. Hier stellt sich die Frage, ob die internationale Zusammenarbeit nicht stärker durch die DFG gefördert werden sollte.

Betrachtet man die Qualität der Publikationen von durch die DFG geförderten Projekten, basierend auf Publikationen mit Förderverweisen, zeigt sich, dass diese niedriger ist als in den Vergleichsländern. Die Expertenkommission regt an, die Gründe für diese Muster näher zu untersuchen. Sie empfiehlt daher, verstärkt Wirkungs- und Ursachenanalysen nach neuesten wissenschaftlichen Standards durchzuführen.

B Kernthemen 2019

B 1 Die Rolle von Start-ups im Innovationssystem

Als Start-ups bezeichnet man junge Unternehmen mit innovativen Geschäftsideen und hohen Wachstumspotenzialen. In Deutschland hat sich eine lebendige Start-up-Szene entwickelt, die räumlich stark konzentriert ist.

Start-ups verfolgen neue Geschäftsmodelle und erweitern sowie modernisieren mit ihren Innovationen das Angebot an Produkten und Dienstleistungen. Gründungen aus der Wissenschaft spielen eine wichtige Rolle beim Erkenntnis- und Technologietransfer in die Praxis. Start-ups sind auch Trendscouts und Impulsgeber für etablierte Unternehmen. Als Kooperationspartner von etablierten Unternehmen tragen Start-ups zur gemeinsamen Entwicklung und Vermarktung von Innovationen bei.

Start-ups haben in Deutschland – insbesondere in der Wachstumsphase – noch immer Probleme, Wagniskapital zu bekommen. Sie stehen zudem aufgrund ihrer Größe und ihrer Geschäftsmodelle vor spezifischen Herausforderungen, die zum Teil durch rechtliche Rahmenbedingungen gesetzt bzw. beeinflusst sind. Vor diesem Hintergrund spricht die Expertenkommission folgende Empfehlungen aus:

- Um Gründungen aus der Wissenschaft zu befördern, muss die Gründungskultur an Hochschulen weiter gestärkt werden. Die Gründungsausbildung sollte in allen Studiengängen verankert werden. Hochschulen und AUF sollten zur Rechteübertragung an ausgegründete Start-ups Standard-Lizenz-Verträge entwickeln, um Gründerinnen und Gründern eine zügige Lizenzierung zu ermöglichen.
- Start-ups, insbesondere aus dem Hochtechnologiesektor, profitieren von räumlich konzentrierten Ökosystemen, in denen sie in unmittelbarer Nachbarschaft von Forschungseinrichtungen, Investoren, etablierten Unternehmen und anderen Start-ups angesiedelt sind. Um weltweit sichtbare Start-up-Ökosysteme zu fördern, gilt es, ihrer räumlichen Konzentration nicht entgegenzuwirken, sondern bereits bestehende oder sich herausbildende Start-up-Ökosysteme auszubauen.
- Die Rahmenbedingungen für private Investitionen in Start-ups sind weiter zu verbessern. Da es in Deutschland an Ankerinvestoren mangelt, spricht sich die Expertenkommission dafür aus, Anreize für institutionelle Anleger zu setzen, stärker in Wagniskapital zu investieren. Zudem sollte die Umsatzsteuerpflicht für Verwaltungsleistungen von Fondsmanagerinnen und -managern aufgehoben werden.
- Mitarbeiterbeteiligungsprogramme sind ein wichtiges Instrument, um Fachkräfte zu gewinnen und längerfristig an ein Start-up zu binden. Die juristische und insbesondere steuerrechtliche Auslegung der dafür notwendigen Vertragswerke ist für die Start-ups und deren Investoren jedoch häufig mit großen rechtlichen Unsicherheiten verbunden. Um die Rechtssicherheit für Start-ups bei der Einführung von Mitarbeiterbeteiligungsprogrammen zu erhöhen, sollten Start-up-nahe Verbände in Abstimmung mit den Bundesbehörden gemeinsam möglichst rechtssichere Standardverträge für Mitarbeiterbeteiligungsprogramme entwickeln.
- Die Bundesregierung sollte in dynamischen Technologiebereichen – wie Blockchain oder KI – proaktiv einen verlässlichen Rechtsrahmen etablieren, um Unsicherheiten für Start-ups zu reduzieren. Zur Entwicklung innovationsfreundlicher Rahmenbedingungen sollten verstärkt Reallabore als regulatorische Experimentierräume eingesetzt werden.

B 2 Innovationen für die Energiewende

Deutschland hat sich dem Ziel der Völkergemeinschaft angeschlossen, die Klimaerwärmung auf unter 2 Grad Celsius zu begrenzen. Dafür muss das Energiesystem in Deutschland bis 2050 weitgehend treibhausgasneutral werden. Um dieses Ziel zu erreichen, ist eine Energiewende von fossilen Energieträgern zu treibhausgasneutralen erneuerbaren Energieträgern nötig.

Zu einer erfolgreichen Energiewende können innovative Technologien und Geschäftsmodelle einen entscheidenden Beitrag leisten. Eine möglichst kostengünstige Energiewende ist ohne innovative Technologien und Geschäftsmodelle nicht darstellbar. Dabei geht es primär nicht darum, neue Technologien zu erfinden. Viele wichtige Technologien und Geschäftsmodelle sind heute schon marktreif. Sie werden aber in ihrer Diffusion vor allem durch zu geringe CO_2-Preise und regulatorische Vorgaben gehemmt.

Der Abbau dieser Hemmnisse wird zu einer deutlich höheren CO_2-Bepreisung und damit auch zu höheren Preisen für Diesel, Benzin, Heizöl und Erdgas führen. Diese Preiserhöhung ist notwendig, um die erforderliche Lenkungswirkung zu erzielen. Damit gehen unerwünschte Verteilungswirkungen einher. Daher müssen die Reformen mit sozialpolitischen Maßnahmen, z. B. in Form von Einkommenstransfers, flankiert werden.

Die Expertenkommission empfiehlt der Bundesregierung die folgenden Maßnahmen:

- Um innovative und klimafreundliche Technologien und Geschäftsmodelle in ihrer Wettbewerbsfähigkeit zu stärken, sollten Abgaben und Umlagen auf Energie über alle Wirtschaftssektoren an der Klimaschädlichkeit bzw. dem CO_2-Gehalt von Energieträgern ausgerichtet werden. Der Staat sollte die im Zuge einer solchen CO_2-orientierten Steuerreform anfallenden zusätzlichen Steuereinnahmen vordringlich dazu verwenden, wirtschaftlich schwache Haushalte, die von Energiepreiserhöhungen besonders betroffen sind, zu kompensieren.
- Die Anreizregulierung (ARegV) für Betreiber von Stromnetzen sollte so angepasst werden, dass sich der Betrieb innovativer Anlagen und Geschäftsmodelle, die das Stromnetz stabilisieren bzw. netzdienlich sind, lohnt.
- Damit sich die gesamtwirtschaftlichen Vorteile von Flexibilisierungsoptionen in Stromangebot und Stromnachfrage auch betriebswirtschaftlich rechnen, sollte eine Reform der Netzentgelte erfolgen, bei der die tatsächlichen Kosten der Stromnetznutzung räumlich und zeitlich abgebildet werden.
- Wegen der herausragenden Bedeutung der Sektorkopplung für die Energiewende sollten die FuE-Aktivitäten und deren Förderung stärker als bisher nach dem Organisationsprinzip der Sektorkopplung ausgerichtet werden.

B 3 Blockchain

Blockchain ist eine Technologie für das unveränderbare und fälschungssichere digitale Speichern und Übertragen von Daten. Daten werden dabei nicht von einer einzelnen Institution gespeichert, sondern von vielen Akteuren gleichzeitig. Es gibt also keine zentrale Instanz, die die Kontrolle über die gespeicherten Daten hat.

Blockchain-Technologien werden derzeit von verschiedenen Akteuren entwickelt, erprobt und in marktreife Produkte überführt. Mit der von Blockchain realisierten dezentralen Datenspeicherung wird die Hoffnung verbunden, die Marktkonzentration in datengetriebenen Industrien zu verringern und Markteintrittsbarrieren abzubauen. Blockchain-Technologien können so zu radikalen Veränderungen in bestehenden Industrien führen.

Deutschland befindet sich in einer aussichtsreichen Position, um die Entwicklung der Blockchain-Technologien mitgestalten und wirtschaftliche und gesellschaftliche Potenziale realisieren zu können. Dieser aktuelle Standortvorteil sollte von der Politik als Hebel verwendet werden, um die weitere Entwicklung und Anwendung der Blockchain-Technologien zu befördern.

Die Expertenkommission sieht in Blockchain-Technologien hohe Nutzenpotenziale für Unternehmen, Bevölkerung und Verwaltung. Um diese Potenziale zu realisieren, empfiehlt die Expertenkommission der Bundesregierung die folgenden Maßnahmen:

- Die geplante Blockchain-Strategie der Bundesregierung sollte eine Analyse von Stärken und Schwächen des Blockchain-Standorts Deutschland enthalten. Dazu gehören Analysen von aktuellen rechtlichen und regulatorischen Rahmenbedingungen, die innovationshemmend sind.
- Die Strategie sollte Vorschläge für Reallabore enthalten, in denen Lösungen für die identifizierten Hemmnisse getestet werden können, um nötige Anpassungen der Rechtslage vorzubereiten.
- Die Strategie sollte Schnittstellen mit anderen digitalpolitischen Strategien der Bundesregierung wie der KI-Strategie oder der Umsetzungsstrategie benennen. Ebenso sind Verbundeffekte der unterschiedlichen Strategien zu identifizieren und zu nutzen.
- Weiterhin sind rechtliche Unsicherheiten für Unternehmen zu reduzieren, indem ein Kompetenzaufbau für Ansprechpersonen in Ministerien und Behörden gefördert wird. Dieser Kompetenzaufbau sollte auch genutzt werden, um Konzepte zur Nutzung von Blockchain-Technologien in der Verwaltung zu analysieren und, wo sinnvoll, Pilotprojekte zu starten.
- Schließlich sollten Bürgerinnen und Bürger sowie Unternehmen über Vor- und Nachteile von Blockchain-Technologien informiert werden, um sie zu einem souveränen Umgang mit Blockchain-Anwendungen zu befähigen.

B 4 Digitalisierung der Hochschulen

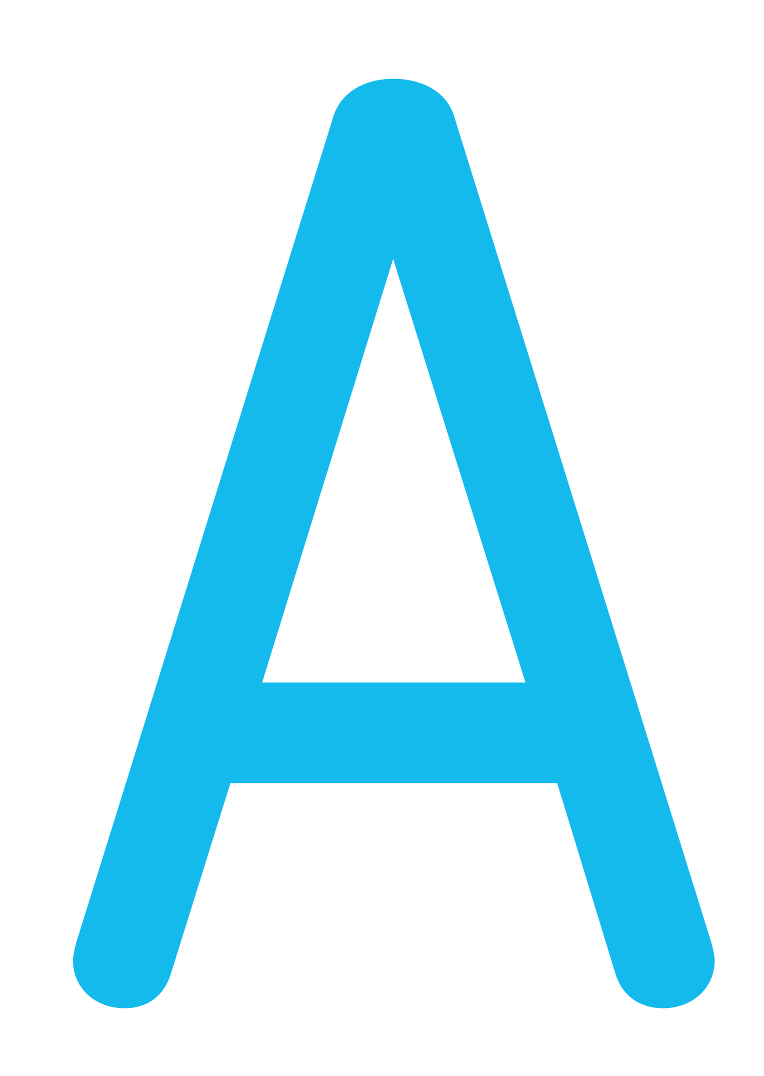
Die deutschen Hochschulen messen nach eigener Aussage ihrer Digitalisierung eine sehr hohe Bedeutung bei. Dies spiegelt sich im bisher erreichten Digitalisierungsstand von Forschung, Lehre und Verwaltung jedoch nicht wider. Es bestehen damit deutliche Entwicklungspotenziale für die weitere Digitalisierung der deutschen Hochschulen, vor allem bei der Lehre und in der Verwaltung.

Bei der Digitalisierung der Hochschulen trifft eine technisch komplexe Aufgabe auf unzureichend entwickelte Governancestrukturen. Damit die Digitalisierung gelingen kann, müssen die Hochschulen ihre Verwaltung weiter modernisieren.

- Die Expertenkommission empfiehlt den Hochschulen, eine Digitalisierungsstrategie mit klar definierten Zielen sowie einen darauf abgestimmten Implementierungsplan auszuarbeiten. Diese Digitalisierungsstrategie sollte mit der von der Expertenkommission wiederholt geforderten Profilbildung von Hochschulen Hand in Hand gehen. Dabei sollten insbesondere berufsbegleitende Weiterbildungsangebote mit in den Blick genommen werden.
- Hochschulen sollten ihre Verhandlungsmacht erhöhen, indem sie den Einkauf von Lizenzen hochschulübergreifend bündeln. Die Wissenschafts- und Kultusministerien der Länder können diesen Prozess unterstützend begleiten.

- Die Digitalisierung des strukturell unterfinanzierten deutschen Hochschulsystems ist eine Daueraufgabe, die einer nachhaltigen Finanzierung bedarf. Die Expertenkommission empfiehlt, die Hochschulen durch die Einführung einer Digitalisierungspauschale zu unterstützen. Die Hochschulen sollten pro Studentin bzw. Student einen bestimmten Betrag zum Ausbau und Unterhalt ihrer digitalen Infrastruktur und Anwendungen sowie zum Ausbau ihrer digitalen Lehr- und Lernangebote erhalten.
- Die Förderung der Digitalisierung an Hochschulen über wettbewerblich vergebene Projektmittel sollte bestehen bleiben.
- Um den Hochschulen die Gewinnung von IT-Fachkräften zu erleichtern, empfiehlt die Expertenkommission den Bundesländern in ihrer Funktion als Arbeitgeber des öffentlichen Dienstes, die bestehende Entgeltordnung zu flexibilisieren und sich hierbei an der Entgeltordnung des TVöD zu orientieren.
- Die Expertenkommission regt an, insbesondere kleinere Hochschulen durch die Schaffung von IT-Servicezentren zu unterstützen bzw. bereits bestehende Beratungs- und Unterstützungseinrichtungen zu stärken.

AKTUELLE ENTWICKLUNGEN UND HERAUS-FORDERUNGEN



A 1 Kommentare zur aktuellen Forschungs- und Innovationspolitik

Die Hightech-Strategie 2025

In der Hightech-Strategie 2025 (HTS 2025) hat die Bundesregierung ressortübergreifende Ziele und Schwerpunkte für die F&I-Politik der aktuellen Legislaturperiode formuliert.[1] Die HTS 2025 wurde am 5. September 2018 vom Bundeskabinett beschlossen.[2] Der im Jahr 2006 angestoßene Strategieprozess im Bereich der F&I-Politik geht damit in die vierte Phase.[3]

In der HTS 2025 liegt der Fokus auf drei Handlungsfeldern: „Gesellschaftliche Herausforderungen“, „Deutschlands Zukunftskompetenzen“ und „Offene Innovations- und Wagniskultur“ (vgl. Abbildung A 1-1).

Gesellschaftliche Herausforderungen

Laut Bundesregierung soll der Mensch in den Mittelpunkt der F&I-Politik gestellt und die Förderung auf gesellschaftliche Bedarfe ausgerichtet werden.[4] In der HTS 2025 werden sechs gesellschaftliche Herausforderungen formuliert (vgl. Abbildung A 1-1), bei denen Qualitätssprünge erreicht werden sollen, „die für die Menschen in ihrer Lebenswelt spürbar und wahrnehmbar sind“.[5]

Die großen gesellschaftlichen Herausforderungen der HTS 2025 knüpfen eng an die prioritären Zukunftsaufgaben der dritten Phase der HTS an.[6] Ein neuer Akzent wird in der HTS 2025 jedoch dadurch gesetzt, dass den gesellschaftlichen Herausforderungen das Thema „Stadt und Land“ zugeordnet wird. Hier gehe es darum, „alle Regionen, die Städte genauso wie die ländlichen Regionen, zu zukunftsfähigen und nachhaltigen Lebens- und Wirtschaftsräumen zu entwickeln“.[7] So ist in der HTS 2025 etwa vorgesehen, die Innovationskraft in strukturschwachen Regionen zu stärken, die nachhaltige Stadtentwicklung im Sinne der Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung voranzutreiben sowie regionale Wirtschaftsstrukturen und Infrastrukturen widerstandsfähiger zu gestalten. Die

Abb A 1-1

Struktur der HTS 2025

Gesellschaftliche Herausforderungen	Deutschlands Zukunftskompetenzen	Offene Innovations- und Wagniskultur
- Gesundheit und Pflege - Nachhaltigkeit, Energie und Klima - Mobilität - Stadt und Land - Sicherheit - Wirtschaft und Arbeit 4.0	- Die technologische Basis - Die Fachkräftebasis - Die Beteiligung der Gesellschaft	- Wissen zur Wirkung bringen - Unternehmergeist stärken - Wissens- und Innovationsnetzwerke nutzen

Quelle: Eigene Darstellung in Anlehnung an BMBF (2018: 8).

Expertenkommission begrüßt, dass die Innovationskraft ländlicher Regionen gestärkt werden soll. Sie mahnt jedoch an, dass strukturpolitische Erwägungen nicht die F&I-Politik der Bundesregierung dominieren sollten.

Deutschlands Zukunftskompetenzen

Die Bewältigung der formulierten gesellschaftlichen Herausforderungen setzt nach Auffassung der Bundesregierung die Weiterentwicklung der Zukunftskompetenzen des Wissenschafts-, Forschungs- und Innovationsstandorts Deutschland voraus.[8] Das in der HTS 2025 enthaltene Handlungsfeld „Deutschlands Zukunftskompetenzen“ umfasst drei Komponenten (vgl. Abbildung A 1-1):

– Die Komponente „Die technologische Basis“ zielt darauf ab, Kompetenzen in zentralen Schlüsseltechnologien zu fördern, die breite – auch disruptive – Innovationspotenziale erschließen.[9] Die Expertenkommission begrüßt die explizite Berücksichtigung von Technologien mit Querschnittscharakter in der HTS 2025.
– Gut und passend qualifizierte Fachkräfte sind eine zentrale Grundlage für die Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands.[10] Mit der Komponente „Die Fachkräftebasis“ wird daher ein wichtiges Themenfeld in den Fokus der HTS 2025 gerückt. Die Expertenkommission begrüßt, dass gerade der digitalen Bildung in der HTS 2025 ein hoher Stellenwert beigemessen wird.
– Mit der Komponente „Die Beteiligung der Gesellschaft“ knüpft die HTS 2025 an das Kernelement „Transparenz und Partizipation“ der dritten Phase der HTS an. Die Expertenkommission hat sich bereits in der Vergangenheit dafür ausgesprochen, Ansätze hin zu einer stärkeren Beteiligung der Bürgerinnen und Bürger sowie zivilgesellschaftlicher Akteursgruppen an der Entwicklung der F&I-Politik konsequent weiterzuverfolgen.[11] Entscheidungen über die staatliche Innovationspolitik zu treffen, bleibt letztlich aber eine Aufgabe der demokratisch legitimierten Volksvertreterinnen und -vertreter.[12] Eine stärkere Beteiligung der Bürgerinnen und Bürger sollte von einer intensiven Kommunikationsarbeit des BMBF begleitet sein, mit der Themen aus dem Bereich Forschung und Innovation in die gesellschaftliche Diskussion eingebracht werden. Dabei kann es sinnvoll sein, die Zusammenarbeit in der Wissenschaftskommunikation mit Akademien, Hochschulen und außeruniversitären Forschungsorganisationen (AUF) zu intensivieren. Die in der HTS 2025 geplante Unterstützung der sozial- und geisteswissenschaftlichen Begleitforschung erachtet die Expertenkommission als sehr sinnvoll.

Offene Innovations- und Wagniskultur

Globale Innovations- und Wertschöpfungsketten werden komplexer, Innovationszyklen kürzer. Daher zielt die Bundesregierung darauf ab, eine offene und agile Innovationskultur zu etablieren.[13] Das Handlungsfeld „Offene Innovations- und Wagniskultur“ beinhaltet drei Themenfelder (vgl. Abbildung A 1-1):

– Im Rahmen des Themenfelds „Wissen zur Wirkung bringen“ beabsichtigt die Bundesregierung, den Transfer von Erkenntnissen aus der Forschung in die Anwendung zu stärken.[14] So sollen etwa innovative Transfermethoden und -strukturen gefördert und neue, innovationsstarke Cluster aus der Grundlagenforschung heraus entwickelt werden. Des Weiteren sollen im Rahmen einer Transferinitiative Hemmnisse „auf dem Weg von der Idee in den Markt“ identifiziert und Lösungswege erarbeitet werden.[15] Ein gänzlich neuer Ansatz der HTS 2025 ist, die Entstehung und Verwertung von Sprunginnovationen zu fördern. Dazu werden zwei Ansätze verfolgt (s.u.): Unter der gemeinsamen Federführung von BMBF und BMWi wird eine Agentur zur Förderung von Sprunginnovationen für den zivilen Anwendungsbereich gegründet. Parallel wird unter Federführung von BMI und BMVg eine Agentur für Innovationen in der Cybersicherheit eingerichtet.[16] Die Bundesregierung kündigt in der HTS 2025 ferner an, dass der Staat bei der öffentlichen Beschaffung, beim E-Government und im Bereich der offenen Daten die Rolle eines Innovationstreibers wahrnehmen will. Die Expertenkommission teilt die Auffassung, dass hier große Innovationspotenziale liegen und die öffentliche Hand in diesen Feldern endlich deutliche Fortschritte erzielen muss. In Anbetracht ihres beachtlichen Auftragsvolumens kann die öffentliche Beschaffung für die Herausbildung und Fortentwicklung innovationsorientierter Märkte eine wichtige Rolle spielen.[17] Durch E-Government sollte die Qualität der Dienstleistungen von Behörden für Bürgerinnen und Bürger sowie für Unternehmen verbessert werden.[18] Die Öffnung der Datenbestände der Verwaltung kann Start-ups und etablierten Unternehmen ermöglichen, neue

Wertschöpfungspotenziale zu erschließen.[19] Hier ist eine systematische Prüfung angezeigt, ob einer solchen Öffnung rechtliche Regelungen entgegenstehen, die angepasst werden könnten, ohne den Schutz der Privatheit zu beeinträchtigen.

– Im Themenfeld „Unternehmergeist stärken“ werden in der HTS 2025 auf kleine und mittlere Unternehmen (KMU) und Unternehmensgründungen bezogene Fördermaßnahmen in den Blick genommen.[20] So sollen Hochschulen und AUF verstärkt als Forschungs- und Innovationspartner von KMU fungieren, die Internationalisierung von KMU gefördert sowie die Wettbewerbsfähigkeit und Innovationskraft des Mittelstands erhalten und gestärkt werden.[21] Die Förderung von Gründungen, besonders aus der Wissenschaft, soll befördert, das Instrumentarium zur Finanzierung von Gründung und Wachstum junger Unternehmen soll weiterentwickelt und Start-up-Ökosysteme sollen gestärkt werden (vgl. zur Förderung von Start-ups Kapitel B 1).[22] Darüber hinaus wird in der HTS 2025 die Einführung einer insbesondere auf KMU bezogenen steuerlichen FuE-Förderung angesprochen. Die Expertenkommission, die sich schon seit Jahren für die Einführung einer steuerlichen FuE-Förderung ausspricht,[23] hält es für sehr wichtig, ein solches Instrument endlich auf den Weg zu bringen. Sie hat diesbezüglich in ihrem Jahresgutachten 2017 Handlungsoptionen und -empfehlungen aufgezeigt.[24]
– Im Themenfeld „Wissens- und Innovationsnetzwerke nutzen“ steht in der HTS 2025 die Zusammenarbeit auf nationaler und internationaler Ebene im Mittelpunkt. Unter anderem sollen strukturbildende Maßnahmen wie Cluster, Netzwerke, Kompetenzzentren und Innovationslabore unterstützt werden. Weiterhin soll der Aufbau einer nationalen Forschungsdateninfrastruktur gefördert werden. Die Einbindung Deutschlands in weltweite Wissensströme und Wertschöpfungsketten sowie die Bildungs- und Forschungszusammenarbeit auf europäischer Ebene sollen weiter gestärkt werden.

Querschnittsthemen

Die HTS 2025 ist durch eine Reihe von Querschnittsthemen gekennzeichnet.

– Die Expertenkommission hatte sich in der Vergangenheit bereits mehrfach dafür ausgesprochen, die Digitalisierung stärker in den Blick der F&I-Politik zu rücken und in sämtlichen Bereichen der Förderung zu berücksichtigen. Sie nimmt deshalb erfreut zur Kenntnis, dass sich das Thema Digitalisierung wie ein roter Faden durch alle Bereiche der HTS 2025 zieht.
– Anders als in der dritten Phase der HTS werden die Rahmenbedingungen in der HTS 2025 nicht als eigenes Themenfeld betrachtet, sondern sind den einzelnen Handlungsfeldern zugeordnet. Die Expertenkommission wendet hier ein, dass damit der übergreifenden Bedeutung von Rahmenbedingungen nicht ausreichend Rechnung getragen wird.
– Die HTS 2025 verfügt über ein neues Element: In allen Handlungsfeldern werden sogenannte Missionen formuliert.[25] Beispiele hierfür sind „Krebs bekämpfen“, „Nachhaltiges Wirtschaften in Kreisläufen“, „Künstliche Intelligenz in die Anwendung bringen“ und „Neue Quellen für neues Wissen“. Diese Missionen werden im Sinne eines systemischen Förderansatzes in Themenfeldern verfolgt, in denen Lösungen für die großen Herausforderungen nur im Rahmen von Kooperationen mit allen Beteiligten gefunden werden können und bei denen mehrere Ressorts involviert sind.[26] Die Expertenkommission begrüßt, dass mit den so umrissenen Missionen ein neuer Ansatz gewagt wird.
– Anders als bei der dritten Phase der HTS werden in der HTS 2025 für die geplanten forschungs- und innovationspolitischen Initiativen grobe Zeitpläne angegeben. Die Expertenkommission begrüßt die darin zum Ausdruck gebrachte Selbstverpflichtung zu einer zeitnahen Umsetzung durch die Bundesregierung.

Umsetzung der Hightech-Strategie 2025

Die ressort- und politikfeldübergreifende Koordination war von Beginn an ein kennzeichnendes Element der HTS.[27] Durch die Einrichtung einer Runde der Staatssekretärinnen und -sekretäre soll sie in der aktuellen Legislaturperiode weiter vorangetrieben werden.[28] Die Expertenkommission lobt die Stärkung der ressortübergreifenden Abstimmung gegenüber der dritten Phase der HTS. Die in der HTS 2025 genannten Missionen stellen ebenfalls Ansatzpunkte für eine intensivierte ressortübergreifende Kooperation dar.

Wie in den vergangenen drei Phasen der HTS gibt es auch bei der HTS 2025 wieder ein beratendes Gre-

mium.[29] Dem sogenannten Hightech-Forum gehören Vertreterinnen und Vertreter aus Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft an.[30] Es soll wichtige Themen analysieren und im Hinblick auf die Umsetzung und Weiterentwicklung der HTS 2025 Impulse in die Runde der Staatssekretärinnen und -sekretäre geben. Wie in der dritten Phase der HTS stehen dem Begleitgremium in dieser Legislaturperiode für seine aktive Arbeit kaum mehr als zwei Jahre zur Verfügung.[31]

Die Entwicklung der HTS für die nächste Legislaturperiode soll bereits in der laufenden Legislaturperiode in Angriff genommen werden.[32] Diese Absicht wird von der Expertenkommission positiv bewertet, da zu Beginn dieser und der letzten Legislaturperiode kostbare Zeit verloren ging, bis das Begleitgremium zur HTS seine Arbeit aufnehmen konnte. Die Expertenkommission regt zudem an, eine Evaluation durchzuführen, was gemessen an den jeweiligen Zielen in den bisherigen Phasen der HTS erreicht wurde. Die Evaluationsergebnisse sollten rechtzeitig zu Beginn der neuen Legislaturperiode vorliegen, damit sie in die zukünftigen Arbeiten einfließen können.

Die Expertenkommission begrüßt ausdrücklich die neuerliche Ankündigung, dass für alle größeren Fördermaßnahmen Evaluationen durchgeführt werden sollen und die Evaluierungspraxis kontinuierlich weiterentwickelt werden soll.[33] Sie verweist auf frühere Stellungnahmen zur Gestaltung von Evaluationen.[34] Trotz einiger Fortschritte gilt aber: Von einer konsequent evidenzbasierten Evaluierungspraxis ist die F&I-Politik der Bundesregierung immer noch weit entfernt.

3,5-Prozent-Ziel

Im Jahr 2017 wurde das Ziel, in Deutschland 3 Prozent des Bruttoinlandsprodukts in FuE zu investieren, erreicht.[35] Die Bundesregierung formuliert nun als neues Ziel in der HTS 2025, bis zum Jahr 2025 3,5 Prozent des Bruttoinlandsprodukts für FuE aufzuwenden. Die Expertenkommission begrüßt, dass damit eine ihrer Empfehlungen aus dem Jahr 2013 aufgegriffen wurde.[36] Sie mahnt jedoch an, dass die Bundesregierung die im Haushalt eingestellten finanziellen Mittel für FuE massiv erhöhen muss, um dieses Ziel zu erreichen. Im Koalitionsvertrag von CDU, CSU und SPD wurde vereinbart, für das schrittweise Erreichen des 3,5-Prozent-Ziels im Zeitraum 2018 bis 2021 insgesamt zwei Milliarden Euro bereitzustellen.[37] Selbst wenn das Bruttoinlandsprodukt in diesem Zeitraum nominal nicht wachsen würde, müsste der Bund von 2018 bis 2021 kumulierte Mehrausgaben von rund 3,3 Milliarden Euro tätigen, um seinen Beitrag zum schrittweisen Erreichen des 3,5-Prozent-Ziels zu leisten.[38] Bei einem nominalen Wirtschaftswachstum von jährlich 1,5 Prozent würde sich diese Summe fast verdoppeln.

Förderung von Sprunginnovationen

Im deutschen Innovationssystem gibt es zwar eine gut funktionierende Förderung evolutionärer Innovationsprozesse, bisher existierten aber keine Förderstrukturen, die sich explizit auf das Hervorbringen von Sprunginnovationen konzentrieren. Sprunginnovationen sind Neuerungen, die in Märkten, Organisationen und Gesellschaften weitreichenden Wandel nach sich ziehen und große Wertschöpfungspotenziale eröffnen. Die HTS 2025 ist die erste Innovationsstrategie der Bundesregierung, die darauf gerichtet ist, die Entstehung und Verwertung von Sprunginnovationen durch eigens dafür entwickelte Ansätze zu fördern (s. o.). Am 29. August 2018 beschloss das Kabinett, eine Agentur zur Förderung von Sprunginnovationen für den zivilen Anwendungsbereich und eine Agentur für Innovationen in der Cybersicherheit einzurichten (vgl. Box A 1-2). Die Expertenkommission begrüßt nachdrücklich, dass die Förderung von Sprunginnovationen außerhalb der etablierten Förderstrukturen erfolgen soll.

Nach Einschätzung der Expertenkommission ist die Agentur zur Förderung von Sprunginnovationen mit den Instrumenten der Innovationswettbewerbe und Spitzenprojekte grundsätzlich dazu geeignet, Sprunginnovationen zu befördern (vgl. Box A 1-2). Diese Instrumente haben sich bereits in den USA bei der Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) bewährt (vgl. Box A 1-3). Wesentliche Erfolgsfaktoren der neu gegründeten Agentur werden die Unabhängigkeit der Organisation und die Gewinnung unternehmerisch orientierter, technisch und wissenschaftlich hochqualifizierter Persönlichkeiten für Leitungsfunktionen sein. Da Projekte vorangetrieben werden sollen, die durch große Potenziale, aber auch durch ein hohes Risiko gekennzeichnet sind, ist dem Konzept inhärent, dass viele der Vorhaben scheitern werden. Die Expertenkommission mahnt an, dies nicht als Misserfolg der Agentur zur Förderung von Sprunginnovationen zu deuten. Zudem kann der Erfolg dieser Institution nicht kurzfristig beurteilt werden und es muss eine ausreichend hohe Zahl von Projekten initiiert werden. Gemessen an diesen

Box A 1-2

Ansätze der Bundesregierung zur Förderung von Sprunginnovationen

Die Bundesregierung verfolgt zwei Ansätze zur Förderung von Sprunginnovationen.

Agentur zur Förderung von Sprunginnovationen für den zivilen Anwendungsbereich

Die Agentur zur Förderung von Sprunginnovationen für den zivilen Anwendungsbereich soll laut Bundesregierung Forschungsideen mit Sprunginnovationspotenzial fördern, um konkrete Probleme zu lösen, die für die Gesellschaft und potenzielle Nutzerinnen und Nutzer bzw. Anwenderinnen und Anwender relevant sind.[39] Dadurch sollen hochinnovative Produkte, Prozesse und Dienstleistungen mit marktverändernder Wirkung entstehen, neue Wertschöpfung ermöglicht und gesellschaftlicher Nutzen generiert werden.[40] Die Agentur soll vor allem drei Funktionen wahrnehmen – Ideenscout für Themen mit Sprungpotenzial, Förderung von FuE und Transfer-Hub.[41] Sie wird unter Federführung von BMBF und BMWi in der Rechtsform einer GmbH gegründet werden und soll über hohe Freiheitsgrade verfügen.[42]

Zentrales Merkmal der Agentur zur Förderung von Sprunginnovationen für den zivilen Anwendungsbereich ist im Unterschied zu klassischen Förderinstrumenten ein personenorientierter und unternehmerischer Ansatz. Eine herausragende Rolle spielen dabei zeitlich befristet eingestellte Innovationsmanagerinnen und -manager, die über ausgezeichnete Technologie- und Marktkenntnisse verfügen und bei der Steuerung von Projekten mit großen Handlungsspielräumen ausgestattet werden sollen.[43] Die Agentur wird Sprunginnovationen mit Hilfe zweier Instrumente fördern:[44] Erstens werden im Rahmen von Innovationswettbewerben verschiedene Wege der teilnehmenden Teams zur Lösung von zuvor definierten Herausforderungen miteinander verglichen. Zweitens wird bei den Spitzenprojekten eine aus Anwendersicht konkrete Problemstellung definiert und entsprechende FuE-Vorhaben werden mit einer Laufzeit von etwa drei bis fünf Jahren gefördert, mit dem Ziel der Markteinführung nach Förderende. Die Instrumente der Innovationswettbewerbe und der Spitzenprojekte haben sich bereits in den USA bei der Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) bewährt (vgl. Box A 1-3).

Als Budget hat die Bundesregierung für die Anlaufphase 2019 bis 2022 151 Millionen Euro geplant.[45] Für eine zehnjährige Laufzeit ab 2019 rechnet sie mit einem zusätzlichen Mittelbedarf von einer Milliarde Euro.[46]

Agentur für Innovationen in der Cybersicherheit

Mit der Agentur für Innovationen in der Cybersicherheit sollen F&I-Projekte im Bereich der Cybersicherheit angestoßen werden.[47] Dadurch sollen Sicherheitstechnologien in Deutschland gehalten und Geschwindigkeitsvorteile gegenüber bisherigen Beschaffungsverfahren erzielt werden. Die Agentur für Innovationen in der Cybersicherheit soll als Inhouse-Gesellschaft (GmbH) im Eigentum des Bundes gegründet und gemeinsam von BMI und BMVg getragen werden. Für den Zeitraum 2018 bis 2022 stehen rund 215 Millionen Euro zur Verfügung, pro Jahr zwischen 40 und 50 Millionen Euro.

Anforderungen ist das von der Bundesregierung für die Agentur zur Förderung von Sprunginnovationen eingeplante Budget bisher zu knapp ausgelegt.

Die Agentur zur Förderung von Sprunginnovationen ist auf den zivilen Anwendungsbereich ausgerichtet. Die Agentur für Innovationen in der Cybersicherheit hebt demgegenüber auf die Beschaffung von Sicherheitstechnologien ab. Es ist deshalb aus Sicht der Expertenkommission sinnvoll, die beiden Institutionen organisatorisch voneinander zu trennen.

Wissenschaftspolitik

Die Förderentscheidung zu den im Rahmen der Exzellenzstrategie geförderten Exzellenzclustern fiel im September 2018.[48] Die Zahl der Förderfälle liegt mit 57 deutlich über der in der Bund-Länder-Vereinbarung zur Exzellenzstrategie vorgesehenen Zahl von 45 bis 50 Förderfällen.[49] Die Expertenkommission kritisiert, dass im Nachhinein von wichtigen Begutachtungsparametern abgewichen und aus politischen Erwägungen die Anzahl der Förderfälle erhöht wurde.

Box A 1-3

Die DARPA als Vorbild für eine Agentur für Sprunginnovationen

Als Reaktion auf den „Sputnik-Schock" wurde in den USA im Jahr 1968 die Advanced Research Projects Agency (ARPA) gegründet, die später in Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) umbenannt wurde.[50] Derzeit verfügt die DARPA über ein Budget von über drei Milliarden US-Dollar und beschäftigt rund 100 Programmmanagerinnen und -manager. Von der DARPA werden sowohl Innovationswettbewerbe durchgeführt als auch Spitzenprojekte gefördert. Beispiele hierfür sind die Innovationswettbewerbe zu autonomem Fahren und die Entwicklung von ARPANET:

- In den Jahren 2004, 2005 und 2007 organisierte die DARPA Innovationswettbewerbe zu autonomem Fahren. Bei den in den Jahren 2004 und 2005 durchgeführten Grand Challenges ging es darum, eine vorgegebene Strecke in der Wüste abzufahren und dabei Hindernissen auszuweichen.[51] Aufgabe beim Nachfolgewettbewerb DARPA Urban Challenge im Jahr 2007 war es, in einer städtischen Umgebung zu navigieren. Die Innovationswettbewerbe zeigten, dass autonomes Fahren prinzipiell möglich ist. Sie forcierten die Technologieentwicklung in diesem Bereich.[52] So wurde der Deutsche Sebastian Thrun, der mit seinem Stanford Racing Team die Grand Challenge 2005 gewann und bei der Urban Challenge 2007 Zweiter wurde, von Google mit dem Projekt Driverless Car betraut.[53] Eng verknüpft mit den Innovationswettbewerben der DARPA ist auch das Entstehen von Start-ups, beispielsweise des Sensor-Herstellers Velodyne LiDAR.[54]

- Die DARPA bzw. ihre Vorgängerinstitution ARPA förderte seit den 1960er Jahren die Entwicklung von ARPANET, einem Netzwerk zur gemeinsamen Nutzung digitaler Ressourcen zwischen geografisch getrennten Rechnern.[55] ARPANET war der Vorgänger des heutigen Internets, das bekanntlich völlig neue Wertschöpfungspotenziale erschloss und weiter erschließt.

Da keine Aufstockung der Fördermittel erfolgte, werden damit ausgezeichnete Exzellenzclusterprojekte zugunsten einer Erhöhung der Zahl der Förderfälle finanziell eingeschränkt.

Die Bund-Länder-Vereinbarungen zum Pakt für Forschung und Innovation und zum Hochschulpakt laufen im Jahr 2019 aus. Die Gemeinsame Wissenschaftskonferenz (GWK) plant, ihre Beratungen zu Nachfolgevereinbarungen für diese Pakte im Frühjahr 2019 abzuschließen und sie den Regierungen von Bund und Ländern zu ihrer Sitzung im Juni 2019 vorzulegen.[56]

– Die Expertenkommission befürwortet die Weiterführung des Pakts für Forschung und Innovation, da er den Wissenschaftsorganisationen die dringend benötigte Planungssicherheit bietet. Sie hat sich bereits in der Vergangenheit dafür ausgesprochen, bei der Fortschreibung der von den AUF umzusetzenden forschungspolitischen Ziele ein stärkeres Augenmerk auf den Erkenntnis- und Technologietransfer zu legen.[57] Die einzelnen AUF sollten hierfür eine Strategie erarbeiten und konsequent umsetzen
– Es ist vorgesehen, den Hochschulpakt auf Grundlage des neu geschaffenen Art. 91b GG zu verstetigen.[58] Die Expertenkommission begrüßt, dass der Bund die Länder langfristig bei der Finanzierung der Lehre unterstützt und dass die Zahlung der DFG-Programmpauschale weiterhin ermöglicht wird.
  Die Expertenkommission spricht sich dafür aus, die Bundesmittel für die Lehre zu erhöhen, um Qualitätsverbesserungen zu ermöglichen. Dies darf jedoch nicht dazu führen, dass die Länder ihre Beiträge bei der Finanzierung der Wissenschaft an anderer Stelle reduzieren. Die Hochschulen bedürfen einer substanziellen Verbesserung ihrer Grundfinanzierung. Bei der Zuweisung der Mittel aus dem Hochschulpakt an die Hochschulen ist es nach Auffassung der Expertenkommission sinnvoll, neben kapazitätsbezogenen auch qualitätsbezogene Indikatoren zu berücksichtigen.[59]

Die Expertenkommission hat wiederholt darauf hingewiesen, dass angemessene Betreuungsrelationen eine zentrale Voraussetzung für gute Lehre sind, und deshalb eine Anhebung der Curricularnormwerte angemahnt.[60] Eine Anpassung der Lehrdeputate kann zudem zeitliche Ressourcen für die Entwicklung und Umsetzung innovativer Lehrformate schaffen.

Handlungsempfehlungen

Hightech-Strategie 2025

- Die Expertenkommission fordert die Bundesregierung dazu auf, in dieser Legislaturperiode in ausreichendem Maße Mittel bereitzustellen, um ihren Beitrag zur schrittweisen Erreichung des 3,5-Prozent-Ziels leisten zu können.
- Die Bundesregierung hat in der HTS angekündigt, dass der Staat bei der öffentlichen Beschaffung, beim E-Government und im Bereich der offenen Daten die Rolle eines Innovationstreibers wahrnehmen wird. Diese Ankündigung ist zügig umzusetzen.
- Zudem schlägt die Expertenkommission vor, die bisher im Bereich der öffentlichen Beschaffung ergriffenen Maßnahmen zu evaluieren. Dadurch könnten erfolgreiche Ansätze identifiziert und verstärkt werden.
- Die in der HTS 2025 thematisierte steuerliche FuE-Förderung mit Fokussierung auf KMU ist kurzfristig einzuführen. Eine spätere stufenweise Ausweitung der Förderung auf große Unternehmen kann dann nach Vorliegen weiterer Erfahrungen geprüft werden.[61] Die Expertenkommission spricht sich dafür aus, die steuerliche FuE-Förderung als Steuergutschrift auf FuE-Personalaufwendungen auszugestalten, die mit der Lohnsteuer verrechnet wird. Eine sinnvolle Alternative hierzu wäre eine Steuergutschrift auf alle FuE-Aufwendungen im Rahmen der Ertragsbesteuerung der Unternehmen. Im letztgenannten Fall sollte eine Umwandlung der Steuergutschrift in eine Subvention erfolgen, wenn das Unternehmen keine Steuerschuld aufweist.
- Die in der HTS 2025 verfolgten Missionen und Maßnahmen sollten mit Meilensteinen hinterlegt und die Erreichung der Meilensteine sollte transparent dokumentiert werden. An die im Handlungsfeld „Gesellschaftliche Herausforderungen“ verfolgten Missionen sollte technologieoffen herangegangen werden.
- Vor dem Hintergrund einer raschen technologischen Entwicklung sind die rechtlichen Rahmenbedingungen stärker als in der HTS 2025 erkennbar in den Fokus der Politik zu rücken. Die Bundesregierung sollte kurzfristig Felder identifizieren, in denen technologische Entwicklungen eine Anpassung der rechtlichen Rahmenbedingungen erforderlich machen. So hält die Expertenkommission die zügige Prüfung von Sicherheits- und Haftungsfragen bei KI-Anwendungen und Fragen des Datenschutzes im Bereich Industrie 4.0 (vgl. Kapitel B 1) für erforderlich.
- Die Expertenkommission mahnt erneut an, dass die F&I-Politik des Bundes agiler werden muss, um neue Entwicklungen frühzeitig aufgreifen zu können.

Agentur zur Förderung von Sprunginnovationen

- Die Agentur zur Förderung von Sprunginnovationen für den zivilen Anwendungsbereich sollte über große Freiräume verfügen und im Tagesgeschäft mit einem Höchstmaß an Unabhängigkeit von politischer Steuerung agieren können. Vordringlich ist zudem die Gewinnung unternehmerisch orientierter, technisch und wissenschaftlich hochqualifizierter Persönlichkeiten für Leitungsfunktionen. Der Budgetrahmen für die Agentur sollte mittelfristig erweitert werden.

Wissenschaftspolitik

- Bei der Fortschreibung der von den AUF im Rahmen des Pakts für Forschung und Innovation umzusetzenden forschungspolitischen Ziele sollte ein stärkeres Augenmerk auf den Erkenntnis- und Technologietransfer gelegt werden. Die einzelnen AUF sollten hierfür eine Strategie erarbeiten und konsequent umsetzen.
- Bei der Nachfolgevereinbarung zum Hochschulpakt sollten die Bundesmittel für die Lehre, beispielsweise zum Zweck der Digitalisierung der Hochschullehre, erhöht werden. Bei der Zuweisung der Mittel sollten neben kapazitätsbezogenen auch qualitätsbezogene Indikatoren berücksichtigt werden.
- Um die Qualität der Lehre zu verbessern, sind eine Erhöhung der Curricularnormwerte und eine Anpassung der Lehrdeputate angezeigt.
- Der Bund hat in den vergangenen Jahren beispielsweise im Rahmen der Exzellenzinitiative, des Hochschulpakts, des Qualitätspakts Lehre und durch die Übernahme der kompletten Kosten für das BAföG erhebliche Mittel in den Hochschulbereich investiert. Die Expertenkommission regt an zu prüfen, wie sich im Vergleich dazu das finanzielle Engagement der Länder im Hochschulbereich entwickelt hat.

Künstliche Intelligenz – Die KI-Strategie der Bundesregierung

A 2

Die Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung ist am 15. November 2018 von der Bundesregierung verabschiedet worden. Sie wurde nach Durchführung eines Online-Konsultationsverfahrens in gemeinsamer Regie von BMBF, BMWi und BMAS erstellt. Die hohe Bedeutung, die die Bundesregierung der Künstlichen Intelligenz und den damit verbundenen Technologien beimisst, zeigt sich darin, dass der Bund bis einschließlich 2025 insgesamt etwa drei Milliarden Euro für die Umsetzung der Strategie zur Verfügung stellen will.

Definition, Anwendungsbeispiele und Entwicklung

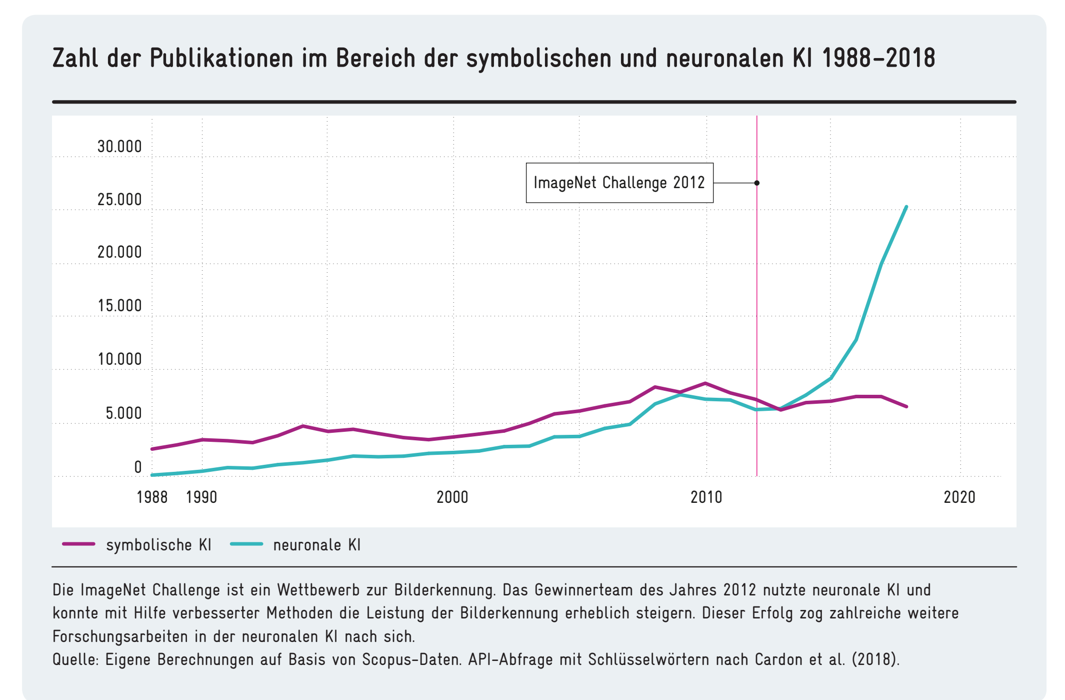
Mit dem Begriff Künstliche Intelligenz (KI) werden Verfahren, Algorithmen und technische Lösungen beschrieben, die es erlauben, bisher von Menschen ausgeführte komplexe Vorgänge auf lernende Maschinen und Software zu übertragen. Eine allgemein anerkannte Definition von KI gibt es bisher nicht.[62] Verfahren der KI können heute bereits erfolgreich bei der Bild- und Spracherkennung, Steuerung autonomer Systeme in Haushalt und Industrie, medizinischen Diagnostik[63] und zunehmend beim autonomen Fahren eingesetzt werden. Trotz der beeindruckenden Leistungsfähigkeit bei spezifischen Aufgaben sind diese Systeme noch weit von den Möglichkeiten menschlicher Intelligenz entfernt. Dennoch können sie erhebliche wirtschaftliche Bedeutung erlangen. Im Jahresgutachten 2018 hat die Expertenkommission die Anwendungsbereiche Smart Home, industrielle Produktion, autonomes Fahren und menschenfeindliche Umgebungen untersucht.[64] KI ist für diese autonomen Systeme eine Schlüsseltechnologie.

Die Entwicklung von KI speist sich aus unterschiedlichen wissenschaftlichen Traditionen. Ein jüngerer Beitrag unterscheidet zwischen sogenannter symbolischer KI und neuronaler KI.[65] Die neuronale KI hat seit 2012 erheblich an Bedeutung gewonnen. Dies lässt sich anhand der Zahl der jeweiligen Publikationen nachweisen (vgl. Abbildung A 2-1). Als Auslöser für die fulminante Entwicklung der neuronalen KI gelten Durchbrüche bei der Verbesserung der Präzision und Geschwindigkeit von Algorithmen zur Bilderkennung.[66] Diese und andere Erfolge bereiteten den Weg für den Siegeszug neuronaler KI für eine Vielzahl von Anwendungen.

Der Impuls in Richtung neuronaler KI wurde international unterschiedlich schnell aufgegriffen. Die Bundesregierung verharrte lange auf einer fast ausschließlichen Förderung von symbolischer KI. Sie engagierte sich erst sehr spät im Zuge der Ausschreibung der Kompetenzzentren für Maschinelles Lernen (ML-Kompetenzzentren) im Jahr 2017[67] für die seit 2012 stärker sichtbar gewordenen Ansätze der neuronalen KI. In diesem Wettbewerb wurden die Standorte München, Berlin, Tübingen und Bonn/Dortmund mit Mitteln in Höhe von etwa zwei Millionen Euro pro Jahr und Standort ausgestattet.[68]

Klassifiziert man die Abbildung A 2-1 zugrunde gelegten Publikationen nach Ländern und KI-Ausrichtung, zeigen sich interessante Unterschiede (vgl. Abbildung A 2-2). China und die USA weisen die höchsten Publikationszahlen auf. Allerdings hat sich die chinesische Forschung gerade in den letzten Jahren vornehmlich auf den Bereich der neuronalen KI konzentriert. Unter den europäischen Ländern führen Großbritannien, Deutschland und Frankreich hinsichtlich der Zahl der Publikationen. Zusammengenommen verfügen die Länder der EU in der KI-Forschung über eine gute Ausgangsposition – diese Aggregation wäre aber inhaltlich nur berechtigt, wenn es im europäischen Forschungsraum und im Binnenmarkt keine Friktionen gäbe.

Abb A 2-1



Zahl der Publikationen im Bereich der symbolischen und neuronalen KI 1988–2018

Die ImageNet Challenge ist ein Wettbewerb zur Bilderkennung. Das Gewinnerteam des Jahres 2012 nutzte neuronale KI und konnte mit Hilfe verbesserter Methoden die Leistung der Bilderkennung erheblich steigern. Dieser Erfolg zog zahlreiche weitere Forschungsarbeiten in der neuronalen KI nach sich.
Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Scopus-Daten. API-Abfrage mit Schlüsselwörtern nach Cardon et al. (2018).

Wirtschaftliche und gesellschaftliche Bedeutung der Künstlichen Intelligenz

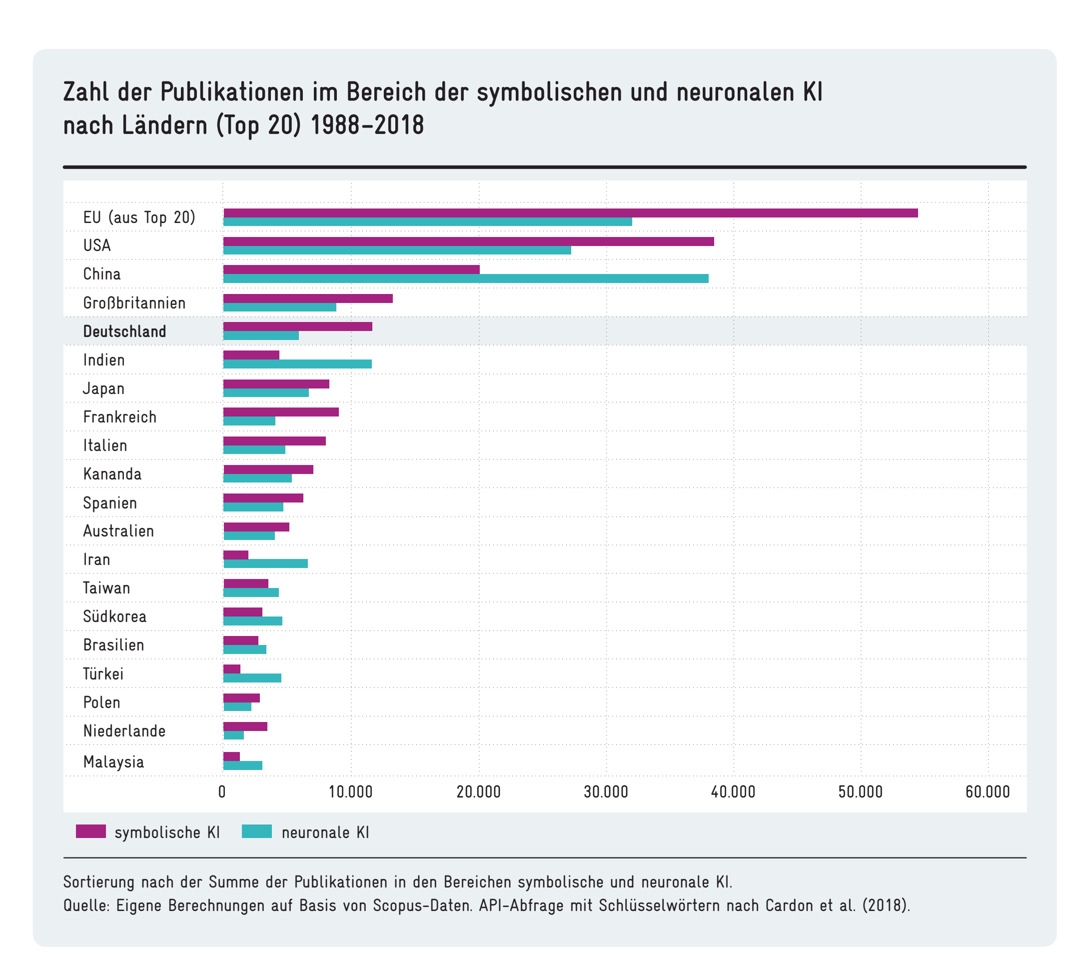
KI wird von vielen Ökonominnen und Ökonomen als Technologie betrachtet, die in fast allen Sektoren einsetzbar ist und erhebliche produktivitätserhöhende Effekte entfalten kann. Verlässliche wissenschaftliche Studien zu den wirtschaftlichen Auswirkungen von KI liegen derzeit noch nicht vor.[69] Beratungsunternehmen haben allerdings Effekte in erheblicher Größenordnung beschrieben.[70] Deutschland als Innovationsstandort kann es sich nicht leisten, diese Wertschöpfungspotenziale zu vernachlässigen.

Die gesellschaftliche Bedeutung von KI ist ebenfalls erheblich. Sie ergibt sich zunächst aus den möglichen Arbeitsmarktwirkungen. Zunehmend werden lernende Systeme bestimmte, derzeit noch von Menschen durchgeführte Tätigkeiten übernehmen können. Allerdings sind Befürchtungen einer möglichen Massenarbeitslosigkeit wissenschaftlich nicht gut begründbar.[71] Von hoher gesellschaftlicher Relevanz ist auch die ethische Diskussion zur Frage, welche Entscheidungen von Menschen auf Maschinen übertragen werden sollten, nach welchen Regeln algorithmische Entscheidungen getroffen werden sollten und wie verzerrte und unfaire Entscheidungen vermieden werden können.[72] Zudem wird berechtigterweise die Forderung nach Transparenz der Entscheidungsfindung erhoben.[73] Die Überlegungen zur Ethik von KI haben weitreichende Folgen für Regulierung, Zulassung und Zertifizierung von KI sowie für Haftungsfragen. Die Expertenkommission begrüßt ausdrücklich, dass, wie im EFI-Jahresgutachten 2018 angeregt, eine Enquete-Kommission „Künstliche Intelligenz – Gesellschaftliche Verantwortung und wirtschaftliche, soziale und ökologische Potenziale“ im Deutschen Bundestag eingerichtet wurde, die insbesondere soziale und ethische Aspekte des Einsatzes von KI-Verfahren diskutieren wird. Es steht zu hoffen, dass von der Arbeit der Kommission wichtige Impulse für die gesellschaftliche Diskussion zu KI in Deutschland und Europa ausgehen.

Die KI-Strategie der Bundesregierung

Politische Diskussionen um die Bedeutung von KI wurden vor allem von einem Bericht der Obama-Regierung beflügelt, der Ende 2016 erschien und Empfehlungen für die Wissenschafts- und Wirtschaftspolitik der USA enthielt.[74] Nationale KI-Strategien wurden seither von China, Frankreich, Großbritannien, Finnland, der Europäischen Union sowie weiteren Ländern vorgelegt.[75] In Deutschland wurde das Thema im Anfang 2018 geschlossenen Koalitionsvertrag[76] von CDU, CSU und SPD aufgegriffen. Der Koalitionsvertrag hebt die Bedeutung von KI

Abb A 2-2



Zahl der Publikationen im Bereich der symbolischen und neuronalen KI nach Ländern (Top 20) 1988–2018

Sortierung nach der Summe der Publikationen in den Bereichen symbolische und neuronale KI.
Quelle: Eigene Berechnungen auf Basis von Scopus-Daten. API-Abfrage mit Schlüsselwörtern nach Cardon et al. (2018).

als Schlüsseltechnologie hervor und setzt als Ziel, „Deutschland zu einem weltweit führenden Standort bei der Erforschung von künstlicher Intelligenz“ zu machen. Mit dem KI-Gipfel im April 2018 dokumentierte die Bundesregierung nochmals die hohe Bedeutung des Themas.

In ihrem Strategiepapier formuliert die Bundesregierung drei übergreifende Ziele. Deutschland soll zu einem führenden Standort für die Entwicklung von KI-Technologien gemacht und die Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands gesichert werden. Ferner soll eine verantwortungsvolle und gemeinwohlorientierte Entwicklung und Nutzung von KI sichergestellt werden. Letztlich soll KI durch einen breiten gesellschaftlichen Dialog und aktive politische Gestaltung in die Gesellschaft eingebettet werden. Darüber hinaus beschreibt die Strategie die Ausgangssituation Deutschlands im Bereich der KI. Diese Betrachtung wird allerdings nicht mit Daten hinterlegt. Anschließend wird eine Reihe von Handlungsfeldern benannt, in denen die Bundesregierung neue Akzente setzen möchte.[77] Mit dem Bundeshaushalt 2019 stellt der Bund in einem ersten Schritt insgesamt 500 Millionen Euro für 2019 und die Folgejahre zur Verfügung. Bis einschließlich 2025 will der Bund insgesamt etwa drei Milliarden Euro für die Umsetzung der KI-Strategie zur Verfügung stellen. Die Bundesregierung strebt eine hohe Hebelwirkung dieses Engagements an. Sie erwartet, dass Wirtschaft, Wissenschaft und Bundesländer mindestens in gleicher Höhe Mittel bereitstellen.

Zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit von Forschung und Wirtschaft sowie des Gemeinwohls wird in der KI-Strategie eine Reihe von KI-spezifischen Maßnahmen angekündigt. So sollen zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses, der Forschung und der Lehre im Bereich KI mindestens 100 neue Professuren für eine breite Verankerung der KI an Hochschulen sorgen. Weiterhin sollen die bestehenden Kompetenzzentren für KI-Forschung überregional weiterentwickelt werden, sodass ein nationales Netzwerk von mindestens zwölf Zentren und

Anwendungs-Hubs entsteht. Mit französischen Einrichtungen soll ein virtuelles deutsch-französisches Forschungs- und Innovationsnetzwerk aufgebaut und die europäische Kooperation weiterentwickelt werden. Ferner ist die verstärkte Unterstützung von kleinen und mittleren Unternehmen im Bereich der KI über die Kompetenzzentren Mittelstand 4.0 geplant.[78]

Zudem ist die KI laut Bundesregierung verantwortungsvoll und gemeinwohlorientiert zu entwickeln und zu nutzen. Auch hier werden einige KI-spezifische Maßnahmen vorgeschlagen. Unter anderem wird die Einrichtung eines deutschen Observatoriums für Künstliche Intelligenz angekündigt. Die KI-Kompetenzen der Erwerbstätigen sollen im Rahmen einer Nationalen Weiterbildungsstrategie weiterentwickelt und die Fachkräftesituation soll im Rahmen eines Fachkräftemonitoring beobachtet werden. Zudem sollen 50 KI-Leuchtturmanwendungen zum Nutzen von Umwelt und Klima vorangebracht werden.

Die Bundesregierung betont außerdem, einen breiten gesellschaftlichen Dialog bei der politischen Gestaltung der Rahmenbedingungen für KI anzustreben. Zu den Maßnahmen gehören ein runder Tisch mit Datenschutzaufsichtsbehörden und Wirtschaftsverbänden zu KI-Fragen sowie Maßnahmen zur Aufklärung über KI und zur Förderung von Privatheit.

Trotz des langwierigen Entstehungsprozesses stellt die KI-Strategie der Bundesregierung eine wichtige Grundlage für Forschung, Transfer und Anwendung von KI in Deutschland dar. Die Expertenkommission begrüßt explizit, dass die Bundesregierung mit der Vorlage der Strategie die Grundlage für Maßnahmen gelegt hat, mit denen Deutschland seine Wettbewerbsposition verbessern, die gesellschaftliche Diskussion begleiten und die sich abzeichnenden Veränderungen im Arbeitsmarkt auffangen bzw. zugunsten der Arbeiternehmerinnen und Arbeitnehmer gestalten kann. Das für die Maßnahmen vorgesehene Gesamtvolumen von drei Milliarden Euro (bis 2025) erscheint angemessen.[79]

Positiv zu würdigen ist auch, dass eine ressortübergreifende Strategie in Angriff genommen wurde, die sich prinzipiell als Grundlage einer Kooperation der beteiligten Ministerien eignet. Die Expertenkommission lobt zudem die Berücksichtigung sozialer und ethischer Aspekte der KI. Damit wird die Möglichkeit eröffnet, auf die neue Herausforderung ganzheitlich zu antworten.

Weiterentwicklungsbedarf und Handlungsempfehlungen

Die derzeitige Fassung der KI-Strategie der Bundesregierung hat erheblichen Weiterentwicklungsbedarf, da sie in vielen Punkten vage bleibt und die angedachten Maßnahmen bisher nicht konkret beschreibt. Die Expertenkommission spricht daher die folgenden Empfehlungen aus:

- Um die weitere Entwicklung Deutschlands als KI-Standort zu verfolgen, bedarf es einer verlässlichen, quantitativen Stärken-Schwächen-Analyse. Eine solche fehlt derzeit. Die Beschreibung der Ausgangssituation wird ohne Belege oder Daten vorgelegt.
- Es bedarf dringend eines KI-Umsetzungsplans, der die einzelnen Maßnahmen der KI-Strategie (einschließlich Meilensteine) zeitlich verortet und die für sie vorgesehenen Ressourcen benennt. Die Expertenkommission empfiehlt, konkrete Zeitziele und Umsetzungspfade für die zahlreichen Maßnahmen anzuführen.
- Bisher werden keine Metriken benannt, mit deren Hilfe der Erfolg der vorgeschlagenen Maßnahmen bewertet werden kann. Die Expertenkommission rät dringend dazu, solche Bewertungsmaßstäbe umgehend vorzulegen. Erste Überlegungen dazu gibt es bereits.[80]
- Die Absicht der Bundesregierung, mindestens 12 KI-Kompetenzzentren aufzubauen, sieht die Expertenkommission mit Skepsis. Die Bundesregierung sollte die veranschlagten drei Milliarden Euro zur Stärkung der bereits bestehenden KI-Standorte verwenden, um leistungsfähige und international sichtbare KI-Ökosysteme zu schaffen.
- Der Arbeitsmarkt für KI-Expertinnen und -Experten ist derzeit überhitzt. Angesichts dessen ist es fraglich, ob die angestrebten 100 Professuren qualitativ hochwertig besetzt werden können. Es erscheint sinnvoll, diese Mittel gestaffelt über einen längeren Zeitraum sowohl für die Besetzung von unbefristeten als auch für Tenure-Track-Professuren vorzusehen. Die Expertenkommission empfiehlt zudem, seitens des BMBF 1.000 internationale Promotionsstipendien über die nächsten fünf Jahre zu vergeben, um weitere talentierte, international mobile Nachwuchskräfte für Deutschland zu gewinnen. Die Anwerbung talentierter Nachwuchsforscherinnen und -forscher sollte vom BMBF mit international ausgerichteten Informa-

tionsangeboten unterstützt werden. Diese Vorschläge sollten mit den schon vorliegenden Entwürfen für internationale Doktorandenschulen wie ELLIS und Claire koordiniert werden.[81]

- Die Expertenkommission rät dazu, das Monitoring der Maßnahmen der KI-Strategie international vergleichend durch ein unabhängiges Gremium durchführen zu lassen, um möglichst hohe Objektivität und Transparenz sicherzustellen.
- Derzeit enthält die KI-Strategie zahlreiche Hinweise auf generische Maßnahmen, so zu Start-up-Förderung, Beratung von Gründungen und öffentlichen Förderangeboten im Bereich Wagniskapital und Venture Debt. Diese Elemente verwässern nach Ansicht der Expertenkommission die Strategie.
- Die KI-Strategie enthält die Ankündigung, dass die geplante Agentur zur Förderung von Sprunginnovationen KI zu einem Schwerpunkt machen soll. Diese thematische Vorgabe steht im Widerspruch zum selbst erklärten Ziel, die Agentur mit großen Freiräumen auszustatten. Die Expertenkommission mahnt an, dass die Agentur die in sie gesetzten Erwartungen nur erfüllen können wird, wenn sie unabhängig von politischen Vorgaben agieren kann (vgl. Kapitel A 1).
- Bisher werden in der KI-Strategie nur vage Vorstellungen für eine Kooperation mit französischen Einrichtungen genannt. Diese sollten bald konkretisiert werden. Die Expertenkommission betont zudem, dass – angesichts der britischen Forschungsleistungen (vgl. Abbildung A 2-2) – auch die Kooperation mit britischen Einrichtungen nicht aus dem Blick geraten darf.
- Prinzipiell kann eine europäische Kooperation entweder auf EU-Ebene oder durch intergouvernementale Kooperationsverträge zwischen einzelnen EU-Staaten erfolgen.[82] Mit dem European Molecular Biology Laboratory (EMBL)[83] liegt bereits eine erfolgreiche intergouvernementale Organisationsform vor, die auch im Bereich der KI-Forschung eingesetzt werden könnte. Mit ihr ließe sich nach einem Brexit auch eine intensive Kooperation mit Forschungseinrichtungen in Großbritannien realisieren.
- Die derzeit gebräuchlichen Verfahren des maschinellen Lernens benötigen große Trainingsdatensätze. Das begünstigt die KI-Forschung in Ländern wie den USA oder China. Dort haben Unternehmen bereits in großem Umfang Daten sammeln können und tun dies weiterhin, weil die dort geltenden Datenschutzauflagen relativ schwach sind. Hieraus resultiert aktuell ein Standortnachteil für europäische Akteure, insbesondere für Forschung und Entwicklung im Bereich des Deep Learning. Die Bundesregierung sollte deshalb zum einen Maßnahmen ergreifen, um die Verfügbarkeit von Daten allgemein zu verbessern – indem beispielsweise Bedingungen für die Schaffung von Datenpools verbessert werden. Zum anderen müssen spezifische Standortvorteile Deutschlands stärker in den Fokus der Förderung genommen werden. Hierzu zählt die hohe Verfügbarkeit von maschinenbezogenen Daten oder von Datensätzen mit relativ hoher Datenqualität. Zusätzlich sollten die Potenziale datenarmer KI geprüft werden. Die hierzu von der Bundesregierung in der KI-Strategie nur vage beschriebenen Maßnahmen[84] bedürfen dringend einer weiteren Präzisierung.

A 3 Förderstrukturen in der Grundlagenforschung und Publikationen im internationalen Vergleich

Die Finanzierung von Grundlagenforschung kann auf verschiedene Weise erfolgen. Fördermittel werden in Deutschland zum einen über die Grundfinanzierung von Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen (AUF), zum anderen im Wettbewerb durch Forschungsförderorganisationen vergeben. In früheren Jahresgutachten hat sich die Expertenkommission bereits ausführlich mit der Forschung an Hochschulen (2012) bzw. AUF (2010) auseinandergesetzt. Die vorliegende Analyse untersucht die Förderstrukturen in der kompetitiven Grundlagenforschungsförderung, die in Deutschland durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) erfolgt.

Im internationalen Vergleich zeigt sich, dass kompetitive Forschungsförderung in verschiedenartigen Förderlinien erfolgen kann, sodass bei gleichen Gesamtvolumina die Fördermittel sehr unterschiedlich strukturiert sein können. Die Förderstrukturen der DFG werden mit denen der wichtigsten Forschungsförderorganisationen in Großbritannien (UKRI), den Niederlanden (NWO), der Schweiz (SNF) und den USA (NIH und NSF) verglichen.[85] Als Basis für den Vergleich werden die Daten zu den zehn aktuell verfügbaren Jahren 2008 bis 2017 untersucht. Berücksichtigt werden insbesondere die folgenden Strukturierungsmerkmale: Gesamtvolumina einzelner Förderlinien, durchschnittliche Fördersummen, programmspezifische Höchstförderdauern, Verteilung bewilligter Förderungen über Fächergruppen sowie Bewilligungsquoten. Es wird vermutet, dass mit unterschiedlichen Strukturen unterschiedliche Forschungsergebnisse einhergehen. Daher wird auch die Struktur der Forschungsergebnisse (Qualität und Quantität der Publikationen), die einer Förderung durch die betrachteten Forschungsförderorganisationen zugeordnet werden können, international verglichen.

Fördermittel und Förderstrukturen der DFG

Für die kompetitive Finanzierung der Grundlagenforschung ist die DFG die zentrale Forschungsförderorganisation in Deutschland. Laut Satzung dient sie der Wissenschaft „durch die finanzielle Unterstützung von Forschungsarbeiten und durch die Förderung der nationalen und internationalen Zusammenarbeit der Forscherinnen und Forscher“.[86] Zu den spezifischen Aufgaben der DFG zählen auch die „wettbewerbliche Auswahl der besten Forschungsvorhaben von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern an Hochschulen und Forschungsinstituten“, die Förderung „exzellenter Wissenschaft ohne Ansehen wissenschaftsfremder Faktoren“, die „Auszeichnung der besten Forscherinnen und Forscher“, die „Gewährung von Freiräumen für eine erfolgreiche Forschung“ sowie die „Förderung und Ausbildung des wissenschaftlichen Nachwuchses“.[87] Antragsberechtigt sind „grundsätzlich Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in der Bundesrepublik Deutschland oder an einer deutschen Forschungseinrichtung im Ausland, deren wissenschaftliche Ausbildung – in der Regel mit der Promotion – abgeschlossen ist“.[88]

Daneben erfolgt die Förderung von Grundlagenforschung in Deutschland über die Grundfinanzierung der AUF, deren Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler nur in Kooperation mit Hochschulen Anträge bei der DFG stellen können (vgl. Box A 3-1).

Der mit Abstand größte Anteil der gesamten DFG-Mittel (rund 3,1 Milliarden Euro in 2017)[89] wurde Antragsberechtigten an Universitäten bewilligt (91,3 Prozent in 2017).[90] Neben den direkten Projektkosten werden über die Programmpauschale auch mit der Förderung verbundene indirekte Projektausgaben finanziert (auch Overheads genannt, wie etwa Raum-, Verwaltungs- und Energiekosten). Die Programmpauschale beträgt zurzeit 22 Prozent.[91]

Box A 3-1

Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen als weiterer Grundpfeiler der öffentlich finanzierten Forschung in Deutschland

Deutschland finanziert neben der DFG einen eigenständigen Sektor an AUF, denen jeweils spezifische Aufgaben zukommen. Max-Planck-Institute betreiben erkenntnisorientierte Grundlagenforschung in den Natur-, Lebens- sowie Geistes- und Sozialwissenschaften. Die Helmholtz-Gemeinschaft betreibt strategisch-programmatisch ausgerichtete Spitzenforschung im naturwissenschaftlich-technischen und medizinisch-biologischen Bereich. Die Fraunhofer-Gesellschaft fördert anwendungsorientierte Forschung in den Feldern Gesundheit, Sicherheit, Kommunikation, Mobilität, Energie und Umwelt. Die Leibniz-Gemeinschaft betreibt erkenntnis- und anwendungsorientierte Grundlagenforschung in Bezug auf gesellschaftlich, ökonomisch und ökologisch relevante Fragen.[92]

Der Sektor der AUF, die bei der DFG nur unter bestimmten Bedingungen antragsberechtigt sind, ist eine deutsche Besonderheit. Für die Förderung von AUF werden von Bund und Ländern insgesamt 6,82 Milliarden Euro (Soll-Ansatz 2017) bereitgestellt.[93] Wenn Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler an AUF[94] dennoch Mittel bei der DFG beantragen möchten, geht dies nur gemeinsam mit Hochschulen. Dies wird auch als Kooperationspflicht bezeichnet.[95]

Finanziert wird die DFG gemeinsam von Bund (58 Prozent) und Ländern (42 Prozent).[96] Die Höhe der finanziellen Förderung wird auf Grundlage eines vom DFG-Hauptausschuss vorgeschlagenen und von der Gemeinsamen Wissenschaftskonferenz (GWK) gebilligten Wirtschaftsplans gewährt.[97] Der Pakt für Forschung und Innovation (PFI) legt forschungspolitische Ziele fest, die von der DFG umzusetzen sind. Im Gegenzug erhält die DFG finanzielle Planungssicherheit in Form von jährlichen Mittelaufwüchsen.[98] In den Jahren 2006 bis 2010 betrug dieser Mittelaufwuchs jährlich 3 Prozent, in den Jahren 2011 bis 2015 waren es jährlich 5 Prozent und für die Jahre 2016 bis 2020 ist wieder ein Zuwachs von jährlich 3 Prozent vorgesehen.[99] Zusätzliche Mittel wurden der DFG im Rahmen der Exzellenzinitiative zur Verfügung gestellt. Im Jahr 2005 wurde von Bund und Ländern die Vereinbarung zur ersten Förderperiode der Exzellenzinitiative von 2006 bis 2011 beschlossen. Hierzu wurden der DFG zusätzliche Mittel von insgesamt 1,9 Milliarden Euro gewährt.[100] Für die im Jahr 2009 unterzeichnete zweite Exzellenzvereinbarung für den Zeitraum von 2011 bis 2017 erhielt die DFG ein Gesamtfördervolumen von 2,7 Milliarden Euro.[101]

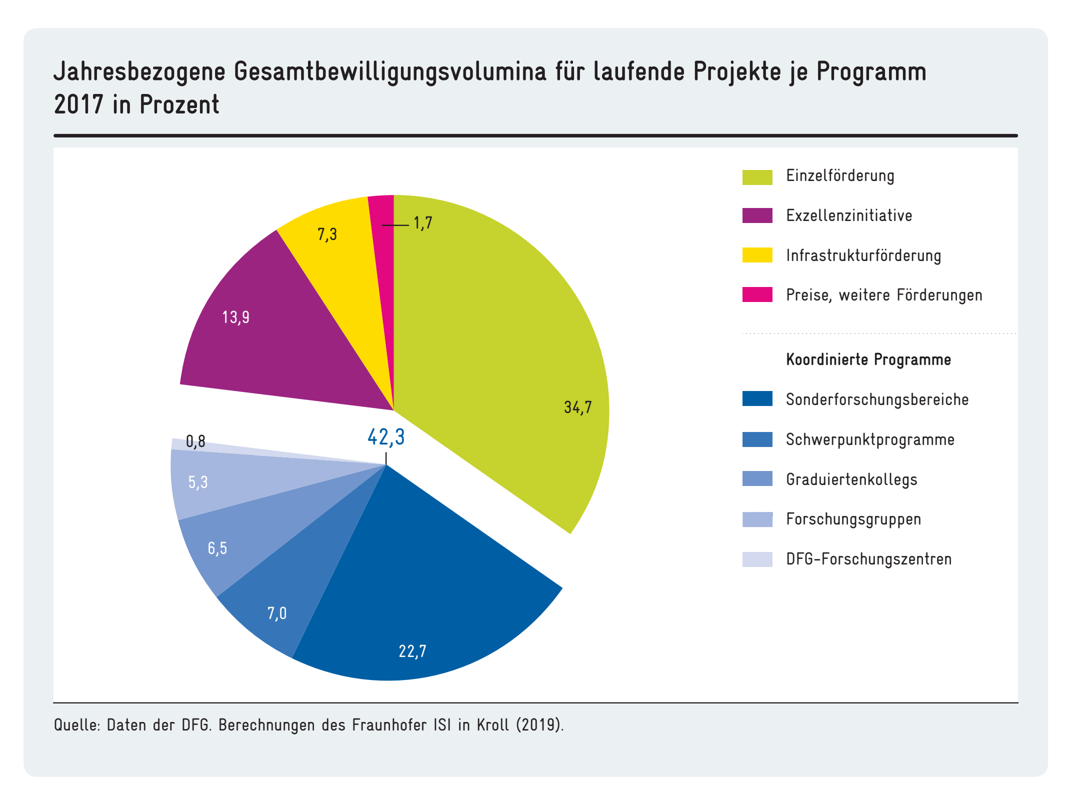
Im Jahr 2017 hat die DFG insgesamt (inklusive Exzellenzinitiative) eine Bewilligungssumme[102] von 3,15 Milliarden Euro vergeben; 2008 waren es noch 2,23 Milliarden Euro, d.h. über den gesamten Zehnjahreszeitraum von 2008 bis 2017 gab es einen erheblichen Aufwuchs der Fördermittel von insgesamt mehr als 40 Prozent.[103] Dieser Aufwuchs ist zum Teil auf die im Jahr 2007 eingeführte und aus dem Hochschulpakt finanzierte Programmpauschale zurückzuführen. Ein weiterer Teil geht seit 2013 auf die erheblichen Mittelzuweisungen im Rahmen der zweiten Runde der Exzellenzinitiative zurück.[104] Die Verteilung der bewilligten Mittel über die einzelnen Förderlinien ist in den letzten zehn Jahren weitgehend stabil geblieben. Die Hauptempfängergruppen der DFG-Förderung, die durchschnittlichen Fördervolumina sowie die maximalen Förderdauern der Programme haben sich nur wenig verändert.[105]

Die DFG hat ein System verschiedenartiger Programmlinien. Es gibt 39 Förderlinien, die ein breites Spektrum an Zielen und Zielgruppen abdecken. Das Förderportfolio setzt sich gemäß DFG zusammen aus Instrumenten der Einzelförderung,[106] koordinierten Programmen,[107] der Exzellenzinitiative des Bundes und der Länder (2005 bis 2017), ab 2018 Exzellenzstrategie des Bundes und der Länder,[108] wissenschaftlicher Infrastrukturförderung, wissenschaftlichen Preisen und internationalen Fördermaßnahmen.[109]

Der größte Einzelanteil der Fördermittel entfällt 2017 auf die Einzelförderung mit ca. 35 Prozent, gefolgt von Sonderforschungsbereichen mit knapp 23 Prozent (vgl. Abbildung A 3-2). Auf die fünf wichtigsten koordinierten Programme (Sonderforschungsbereiche, Schwerpunktprogramme, Graduiertenkollegs, Forschungsgruppen und DFG-Forschungszentren) entfallen etwa 42 Prozent der bewilligten Fördermittel.[110] Ziel der koordinierten Programme ist die Förderung von „Kooperation und Strukturbildung“.[111] Dies soll „durch überregionale

Abb A 3-2

Jahresbezogene Gesamtbewilligungsvolumina für laufende Projekte je Programm 2017 in Prozent



Quelle: Daten der DFG. Berechnungen des Fraunhofer ISI in Kroll (2019).

(auch internationale) Zusammenarbeit auf besonders aktuellen Arbeitsgebieten sowie durch Bündelung des wissenschaftlichen Potentials an einem Hochschulort“[112] erreicht werden. Ein wichtiger Akzent der DFG-Förderung liegt damit auf der Unterstützung der Zusammenarbeit von Forschenden. Weitere wesentliche Anteile werden für Maßnahmen der Exzellenzinitiative (13,9 Prozent) und die Infrastrukturförderung (7,3 Prozent) aufgewendet. Die Rangreihung der Förderlinien ist seit 2008 ebenfalls weitgehend stabil geblieben.[113]

Die durchschnittliche Bewilligungshöhe in der Kategorie Einzelförderung lag 2017 bei ca. 200.000 Euro im Durchschnitt über alle Neuanträge in der Kategorie Einzelförderung.[114] Die Bewilligungsquote für den Bereich der Einzelförderung lag im Jahr 2017 bei ca. 30 Prozent, wies aber im Zeitverlauf deutliche Schwankungen auf. Mit 23 Prozent war sie im Jahr 2013 am niedrigsten, 2009 war sie mit 35 Prozent am höchsten.[115] Die Laufzeit für Neuanträge in der Einzelförderung liegt in der Regel zwischen zwei und drei Jahren (im Durchschnitt lag sie 2017 bei faktisch 31,6 Monaten).[116] Koordinierte Programme sind in der Regel länger, so laufen z.B. Sonderforschungsbereiche maximal zwölf Jahre und Graduiertenkollegs maximal neun Jahre.[117]

Internationaler Vergleich der Förderstrukturen

Im Folgenden werden die Förderstrukturen der DFG mit denen der wichtigsten Forschungsförderorganisationen in Großbritannien (UKRI), den Niederlanden (NWO), der Schweiz (SNF) und den USA (NIH und NSF) verglichen. Dabei wird auf eine im Auftrag der Expertenkommission erstellte Studie des Österreichischen Instituts für Wirtschaftsforschung (WIFO) zurückgegriffen.[118]

Die Mittel der oben genannten Forschungsförderorganisationen machen in allen Ländern nur einen Teil der gesamten Hochschulforschungsförderung aus. Der Anteil der von der DFG vergebenen Mittel an der gesamten Hochschulforschungsförderung liegt mit 18 Prozent im internationalen Vergleich im unteren Bereich.[119] Das trifft auch auf das Fördervolumen der DFG pro Wissenschaftlerin bzw. Wissenschaftler im Hochschulsektor zu.[120] Im internationalen Vergleich liegt die kumulierte durchschnittliche Wachstumsrate der DFG-Fördermittel für den Zeitraum von 2005 bis 2016 mit 6,8 Prozent im Mittelfeld.[121]

Um die komplexen Förderstrukturen der zentralen Forschungsförderorganisationen verschiedener Länder vergleichen zu können, wurden die zahlreichen

Box A 3-3

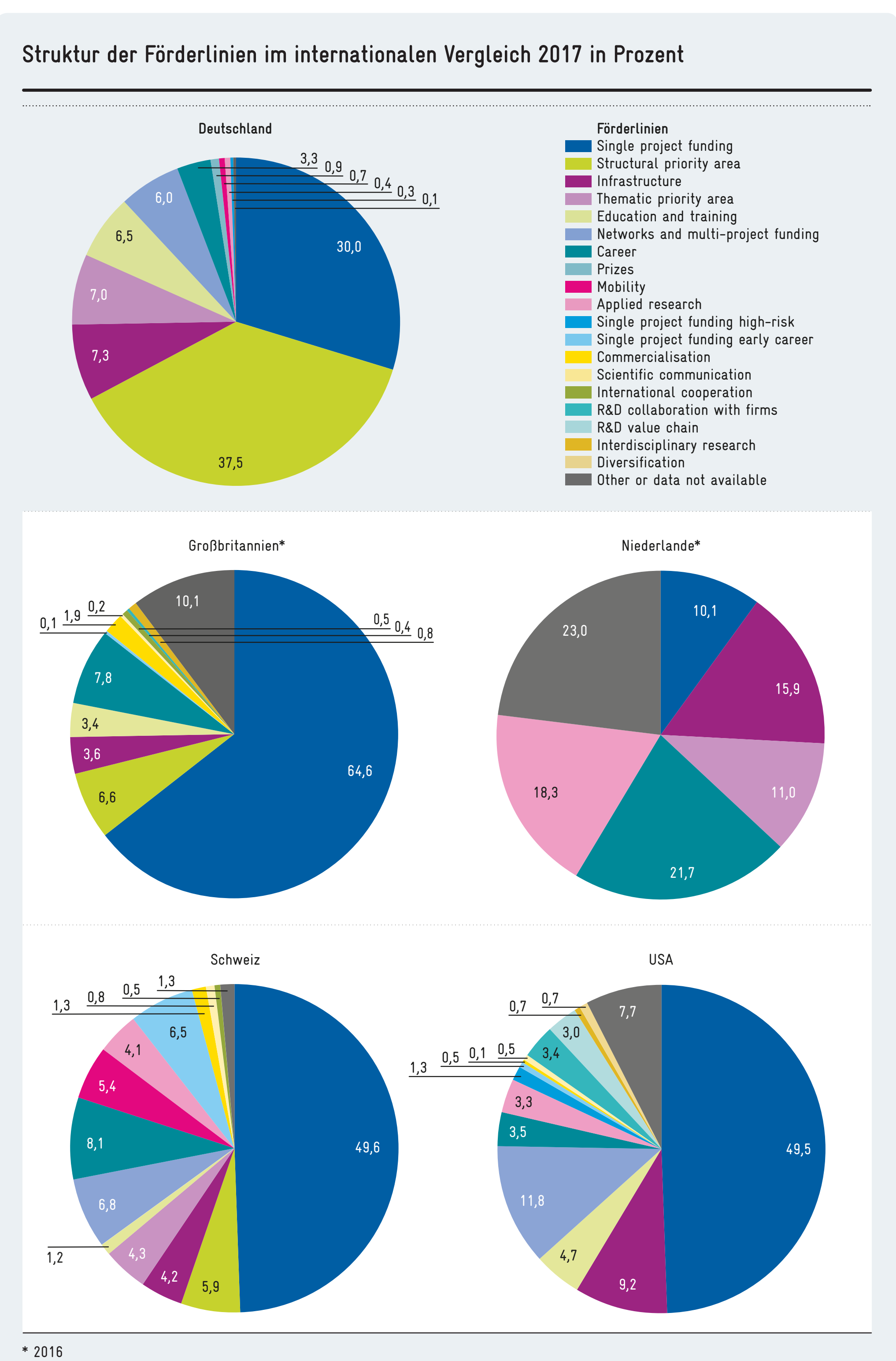
Klassifizierung von Förderlinien und -instrumenten

Kategorien von Förderlinien für den internationalen Vergleich	Beschreibung (ausgewählte Beispiele aus DFG-Förderlinien)[122]
Project funding	**Förderung von Projekten**
Single project funding	Standardförderung einzelner von Forschungsleiterinnen und Forschungsleitern initiierter Forschungsprojekte (Sachbeihilfe)
Single project funding early career	Einzelprojektförderung für Nachwuchswissenschaftlerinnen und Nachwuchswissenschaftler, d. h. befristet Angestellte und/oder Erstbewerberinnen und Erstbewerber
Single project funding high-risk	Einzelprojektförderung mit speziellem Fokus auf sehr riskante Projekte (Reinhart Koselleck-Projekte)
Networks and multi-project funding	Förderung von Kollaborationen zwischen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern/Forschungsleiterinnen und Forschungsleitern von zumeist unterschiedlichen Forschungseinrichtungen (z. B. Forschungsgruppen)
Interdisciplinary research	Förderung von Forschungsprojekten mit interdisziplinärer Zusammenarbeit oder interdisziplinärem Ansatz
Priority areas	**Größere, koordinierte Förderlinien**
Structural priority area	Förderung mit dem Ziel, wissenschaftliche Exzellenz und internationale Sichtbarkeit zu stärken (Sonderforschungsbereiche, DFG-Forschungszentren, Exzellenzinitiative)[123]
Thematic priority area	Förderung von thematisch vorgegebener Forschung (Schwerpunktprogramme)
Infrastructure	**Förderung von Forschungsausrüstung (außerhalb der Förderung in der Einzelprojektförderung)** (Wissenschaftliche Geräte und Informationstechnik, Wissenschaftliche Literaturversorgungs- und Informationssysteme)
Funding of people	**Förderung von Personen**
Education and training	Förderung von nicht-promovierten potenziellen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern mit dem Ziel der Vorbereitung oder Lenkung in Richtung einer wissenschaftlichen Karriere (Graduiertenkollegs)
Career	Förderung von Post-Doktorandinnen und Post-Doktoranden mit dem Ziel einer Verbesserung ihrer Karriereperspektiven (z. B. Emmy Noether-Programm, Heisenberg-Programm)
Mobility	Förderung der internationalen Mobilität von Forschenden und Austauschprogramme (z. B. Forschungsstipendien)
Diversification	Förderung von Forschenden mit dem Ziel der Diversifizierung bzgl. Geschlecht, Herkunft oder Hochschultyp (Projektakademie)
Prizes	Preise für Forschende (z. B. Gottfried Wilhelm Leibniz-Preis, Heinz Maier-Leibnitz-Preis)
Translation	**Förderung mit dem Ziel, Grundlagenforschung für konkrete Anwendungen zu nutzen**
Applied research	Förderung angewandter Forschung im Rahmen des Hochschulwesens (z. B. Klinische Studien)
R&D collaboration with firms	Förderung kollaborativer FuE-Projekte
Commercialisation	Förderung der Kommerzialisierung von Forschungsergebnissen
R&D value chain	Förderung der gesamten Forschungskette, von Grundlagenforschung über angewandte Forschung und experimentelle Entwicklung bis hin zu Kommerzialisierung
Scientific communication	**Förderung der Vermittlung von Forschungserkenntnissen an ein nicht-wissenschaftliches Publikum**
International cooperation	**Förderung bilateraler Forschungskooperationen zwischen Ländern** (z. B. Aufbau internationaler Kooperationen, Gemeinsame Antragstellung D-A-CH)

Quelle: Janger et al. (2019: 23f.).

Abb A 3-4

Struktur der Förderlinien im internationalen Vergleich 2017 in Prozent



* 2016

Großbritannien: Gewichteter Durchschnitt über AHRC, BBSRC, EPSRC, ESRC, MRC, NERC und STFC. Daten aus Finanzberichten.

USA: Gewichteter Durchschnitt über NIH und NSF.

Quelle: Daten der Forschungsförderorganisationen. Deutschland, Niederlande, Schweiz: Berechnungen des WIFO in Janger et al. (2019). Großbritannien, USA: Eigene Berechnungen basierend auf Janger et al. (2019).

und im Detail unterschiedlich ausgestalteten Förderlinien größeren, aber international vergleichbaren Kategorien zugeordnet. Box A 3-3 erläutert das dem internationalen Vergleich zugrunde liegende Klassifizierungsschema der Förderlinien.[124]

Den Forschungsförderorganisationen fast aller betrachteten Vergleichsländer ist gemein, dass die Einzelprojektförderung eine der wichtigsten Förderlinien ist (vgl. Abbildung A 3-4). Unter die Einzelprojektförderung bei der DFG fällt gemäß o.g. Klassifizierung das Förderinstrument der Sachbeihilfe. In Großbritannien, der Schweiz und den USA ist die Einzelprojektförderung die wichtigste Förderlinie; in diesen Ländern entfallen auf sie 50 bis 65 Prozent der gesamten Mittel. Auffällig ist, dass der Anteil der Structural-priority-area-Förderung bei der DFG deutlich höher ist als in den Vergleichsländern; Structural priority areas dienen der Förderung mit dem Ziel, wissenschaftliche Exzellenz und internationale Sichtbarkeit zu stärken. Darunter fallen gemäß o.g. Klassifizierung die drei DFG-Förderlinien Sonderforschungsbereiche, DFG-Forschungszentren und Exzellenzinitiative (vgl. Box A 3-3). Dieses Muster ist über die letzten Jahre vergleichsweise stabil bzw. hat sich in Deutschland u.a. durch die Exzellenzinitiative sogar verstärkt.[125] Die DFG-Mittel konzentrieren sich also mehr auf größere, koordinierte Förderlinien, als dies in Forschungsförderorganisationen anderer Länder der Fall ist. Allerdings deuten internationale empirische Studien darauf hin, dass solche koordinierten Förderlinien nicht immer erfolgreicher sind. Insbesondere scheint sich der Erfolg je nach Fachbereich zu unterscheiden.[126] Ob es im internationalen Vergleich systematische Unterschiede in den Publikationen der geförderten Projekte der jeweiligen Forschungsförderorganisationen gibt, wird im folgenden Abschnitt betrachtet.

Bezogen auf die Fächerverteilung zeigt sich, dass in den betrachteten Ländern, mit Ausnahme der USA, der größte Anteil der Fördermittel im Bereich der Naturwissenschaften aufgewendet wird.[127] In den USA wird aufgrund der Förderaktivitäten des NIH im Durchschnitt die Medizin am stärksten gefördert. In Deutschland erfährt der Bereich der Ingenieurwissenschaften eine relativ stärkere Förderung als in den Vergleichsländern.[128]

Ergebnisse der WIFO-Studie legen nahe, dass Deutschland im Ländervergleich im Bereich der Einzelprojektförderung auf Basis von Neuanträgen die geringste durchschnittliche Fördersumme und eine eher geringe maximale Förderdauer aufweist

Tab A 3-5

Fördercharakteristika der Einzelprojektförderung auf Basis von Neuanträgen im internationalen Vergleich 2017

Land	Forschungsförder-organisation	Durchschnittliche Bewilligungshöhe (in Millionen Euro)	Maximale Förderdauer (in Jahren)[2)]	Bewilligungsquote (in Prozent)
Deutschland	**DFG**	**0,28**	**3**	**30**
Großbritannien	AHRC	0,64	5	25
	BBSRC	N/A	5	24[4)]
	EPSRC	0,98	N/A	29
	ESRC	N/A	N/A	23[4)]
	MRC	N/A	5	22
	NERC	N/A	N/A	31[4)]
	STFC	N/A	N/A	N/A
Niederlande	NWO	0,33	6	22
Schweiz	SNF	0,50	1–4	48
USA	NIH	0,41[1)]	3–5	19[1)]
	NSF	0,34	2,9[3)]	21

N/A: Daten nicht verfügbar. AHRC, BBSRC, ESRC, MRC, NERC und NWO: 2016.
[1)] Auf Basis von Neu-, Fortsetzungs- und Änderungsanträgen. [2)] 2018 bzw. letztverfügbare, gültige Dokumente ohne spezifischen Jahresbezug. [3)] Durchschnittliche Laufzeit. [4)] Gesamt-Bewilligungsquote.
Quelle: Daten der Forschungsförderorganisationen. Berechnungen des WIFO in Janger et al. (2019).

(vgl. Tabelle A 3-5).[129] Für andere Förderlinien liegen der Expertenkommission keine vergleichbaren Daten vor. Im Hinblick auf die Effekte von unterschiedlichen Förderdauern deuten empirische Studien an, dass eine kurze Förderdauer eher zu qualitativ weniger exzellenten Publikationen führt, dies u.a. aufgrund von geringeren Freiräumen für die Forschung.[130] In Bezug auf die Effekte einer Erhöhung der Fördersumme auf Forschungsergebnisse ist die empirische Evidenz zwar kontrovers, tendenziell gibt es aber gute Belege für einen positiven Zusammenhang zwischen der Fördersumme und den Ergebnissen der geförderten Forschung.[131] Die Bewilligungsquote für die Einzelprojektförderung bei der DFG ist mit 30 Prozent im internationalen Vergleich – bei gleichzeitig niedrigen durchschnittlichen Fördersummen – recht hoch (vgl. Tabelle A 3-5). Zusammenfassend scheinen sowohl die Dauer der Förderung als auch die durchschnittliche Fördersumme Strukturmerkmale zu sein, die in Zukunft genauer analysiert und überprüft werden sollten.

Ein weiterer Unterschied existiert bezüglich der Förderbarkeit indirekter Kosten bei Einzelprojekt-

Box A 3-6

Operationalisierung und Messkonzept der Publikationen mit Förderverweis (PFöV)[132]

Wissenschaftliche Publikationsergebnisse sind eine Möglichkeit, um die Ergebnisse von Forschungsprojekten zu messen. Die Zuordnung von Publikationen zu den Forschungsförderorganisationen erfolgt über Angaben in den Danksagungen von Zeitschriftenbeiträgen. Diese Angaben werden nicht von allen Forschungsförderorganisationen gesetzlich verpflichtend verlangt. Sie werden seit geraumer Zeit jedoch standardmäßig bei der Einreichung von Artikeln über die entsprechenden Einreichungstools bei vielen wissenschaftlichen Zeitschriften abgefragt. Nach Aussagen sowohl von Thomson Reuters (Web of Science) als auch von Elsevier (SCOPUS) werden die Förderangaben seit 2009 stabil erhoben und sind zuverlässig interpretierbar.[133] Für die hier verwendeten Vergleiche wird die Datenbasis Web of Science verwendet, da sie für den betrachteten Zeitraum die robusteren Daten zu Förderverweisen aufweist. Allerdings erbrachte eine vergleichende Analyse mit den noch unvollständigen Förderverweisen, jedoch fachlich breiteren Daten von SCOPUS, zumindest in Bezug auf die Anteile an Publikationen mit Förderverweis in den einzelnen Wissenschaftsdisziplinen, nahezu identische Ergebnisse.

Aus Web of Science wurde für den Zeitraum 2010 bis 2017 die Gesamtzahl von ca. 5,6 Millionen Publikationen ausgewertet. Publikationen mit einem Verweis auf eine der hier betrachteten wichtigen Forschungsförderorganisationen werden kurz als Publikationen mit Förderverweis (PFöV) bezeichnet.

Als quantitative Indikatoren werden die Anzahl an PFöV des jeweiligen Landes sowie die Anzahl an nationalen und internationalen Ko-Publikationen unter den PFöV verwendet. Diese auf Publikationen basierenden Indikatoren sind für den Zeitraum 2010 bis 2017 verfügbar.

Als qualitative Indikatoren werden die Exzellenzrate und der Crown Indicator (CI) verwendet.

Die Exzellenzrate ist definiert als der Anteil der Publikationen eines Landes, die zu den 10 Prozent der weltweit meistzitierten Publikationen in der jeweiligen Wissenschaftsdisziplin gehören. Der CI vergleicht disziplinenspezifisch normiert die Zitationsraten eines Landes mit denjenigen im Rest der Welt.[134] Der CI ist auf 1,0 normiert. Ein CI von 1,4 bedeutet beispielsweise, dass die Publikationen eines betrachteten Landes 40 Prozent häufiger zitiert werden als im internationalen Durchschnitt.

Die Exzellenzrate und der CI werden auf Grundlage von Zitationen berechnet. Diesen auf Zitationen basierenden Indikatoren liegt ein Zitatfenster von drei Jahren (inklusive Publikationsjahr) zugrunde, sodass nur Publikationen erfasst werden können, die einen entsprechenden zeitlichen Abstand zum aktuellen Rand aufweisen. Die Indikatoren sind für den Zeitraum 2010 bis 2015 verfügbar. Um unterschiedlichen Ausgangssituationen in den qualitativen Indikatoren aller Publikationen gerecht zu werden, wird auch die Differenz zwischen der Exzellenzrate der PFöV und der Exzellenzrate der Gesamtheit aller Publikationen als weiterer Qualitätsindikator für die geförderte Forschung des jeweiligen Landes herangezogen (genauso wird auch die Differenz des CI betrachtet).

förderprogrammen. Während die DFG eine Rate von 22 Prozent zahlt – ähnlich zum SNF (20 Prozent) –, finanziert die NWO keine und die NIH sowie die NSF die vollen indirekten Kosten (30 bis 69 Prozent). UKRI finanziert 80 Prozent der gesamten anfallenden Kosten (direkte und indirekte Kosten), 20 Prozent muss die Forschungsinstitution selbst zahlen.[135]

Internationaler Vergleich der Forschungsergebnisse: Publikationen aus geförderten Projekten

Bemisst man Forschungsergebnisse anhand der Publikationsleistungen und betrachtet man als Indikator für die Ergebnisse von geförderter Forschung die Publikationen, die auf eine Förderung durch die nationalen Forschungsförderorganisationen verweisen (hier abgekürzt mit Publikationen mit Förderverweis – PFöV), dann zeigen sich deutliche länderspezifische Muster. Box A 3-6 erläutert, wie Publikationen den Forschungsförderorganisationen zugeordnet werden können.

Die im Folgenden dargestellten Ergebnisse der Publikationsanalyse stammen aus einer von der Expertenkommission in Auftrag gegebenen Studie des Fraunhofer ISI. Diese Studie zeigt, dass der Anteil der PFöV an allen nationalen Publikationen in den USA am aktuellen Rand (2017) mit 31 Prozent am höchsten war. Der Anteil in Deutschland betrug 23 Prozent, in der Schweiz 21 Prozent, in Großbritannien 20 Prozent und in den Niederlanden 14 Prozent.[136] Von 2010 bis 2017 ist die Zahl der PFöV über alle Länder hinweg gestiegen,[137] allerdings war die Wachstumsrate der PFöV in Deutschland mit 37 Prozent niedriger als in den europäischen Vergleichsländern.[138]

PFöV werden in fast allen Ländern seltener in Ko-Autorenschaft verfasst als die Gesamtheit der Publikationen.[139] Unterteilt man die Ko-Autorenschaften in nationale und internationale Ko-Autorenschaft, stellt man fest, dass PFöV in fast allen Ländern häufiger mit Ko-Autorinnen und Ko-Autoren des jeweiligen Landes verfasst werden als die Gesamtheit der Publikationen (in Deutschland wurden 2017 beispielsweise 23 Prozent der PFöV in nationaler Ko-Autorenschaft und 20 Prozent der Gesamtpublikationen in nationaler Ko-Autorenschaft verfasst).[140] PFöV werden aber – in Deutschland wie auch in den meisten anderen Ländern – seltener mit internationalen Ko-Autorinnen und Ko-Autoren verfasst als die Gesamtheit der Publikationen (in Deutschland wurden 2017 beispielsweise 53 Prozent der PFöV und 59 Prozent der Gesamtpublikationen in internationaler Ko-Autorenschaft verfasst).[141] Außerdem ist über alle Länder hinweg der Anteil der internationalen Ko-Publikationen an den PFöV weniger stark gestiegen als an der Gesamtheit der Publikationen.[142]

In Bezug auf die Qualität der Forschungsergebnisse, gemessen anhand der Zitationen der jeweiligen Publikationen, ergeben sich deutliche länderspezifische Unterschiede.[143] Als erster Indikator kann die Exzellenzrate herangezogen werden (vgl. Tabelle A 3-7), d.h. der Anteil der Publikationen, die zu den 10 Prozent meistzitierten Publikationen der jeweiligen Disziplin gehören (vgl. Box A 3-6).

Tab A 3-7

Exzellenzrate und Crown Indicator der PFöV, Exzellenzrate und Crown Indicator der Gesamtheit aller Publikationen und Differenzen im internationalen Vergleich 2015[144]

Land	Exzellenzrate PFöV (in Prozent)	Exzellenzrate Gesamtheit Publikationen (in Prozent)	Differenz der Exzellenzraten (in Prozentpunkten)	Crown Indicator PFöV	Crown Indicator Gesamtheit Publikationen	Differenz der Crown Indicators
Deutschland	**17**	**14**	**+3**	**1,4**	**1,3**	**+0,1**
Großbritannien	21	15	+6	1,8	1,4	+0,4
Niederlande	22	17	+5	1,8	1,6	+0,2
Schweiz	22	19	+3	1,8	1,7	+0,1
USA	20	14	+6	1,7	1,3	+0,4

PFöV bezeichnen Publikationen mit einem Verweis auf eine der betrachteten Forschungsförderorganisationen. Vgl. Box A 3-6.
Quelle: Thomson Reuters – Web of Science. Berechnungen des Fraunhofer ISI in Kroll et al. (2019).

Die Ergebnisse der Studie des Fraunhofer ISI zeigen, dass die Exzellenzrate der PFöV in allen Ländern höher ist als die Exzellenzrate der Gesamtheit der Publikationen des Landes. In Deutschland beispielsweise beträgt die Exzellenzrate der PFöV 17 Prozent und die Exzellenzrate der Gesamtheit aller Publikationen 14 Prozent. Damit liegt Deutschland bei beiden Raten am unteren Rand. Auch nach der von der OECD verwendeten Exzellenzrate für die Gesamtheit aller Publikationen liegt Deutschland hinter den betrachteten Vergleichsländern.[145] Gleichzeitig ist die Anzahl an Publikationen pro Wissenschaftlerin bzw. Wissenschaftler im Hochschulsektor (in Vollzeitäquivalenten) in Deutschland nach Großbritannien am niedrigsten, d.h. der Anteil der exzellenten Publikationen unter den PFöV ist nicht alleine deshalb gering, weil es daneben eine überproportional hohe Zahl an sonstigen Publikationen gibt.[146] Der Zugewinn in der Exzellenzrate bei den PFöV der DFG im Vergleich zur Gesamtheit aller Publikationen ist mit 3 Prozentpunkten im internationalen Vergleich ebenfalls eher niedrig. Ebenso niedrig ist nur der Zugewinn in der Schweiz, allerdings baut dieser auf einer deutlich höheren Exzellenzrate in der Gesamtheit aller Publikationen auf.[147]

Für die Einordnung bietet sich auch ein Vergleich der hier verwendeten Exzellenzrate der auf die DFG bezogenen PFöV mit den Exzellenzraten der Gesamtheit aller Publikationen von Hochschulen und AUF an. Dieser Vergleich kann auf Basis einer früheren Studie für das Jahr 2012[148] vorgenommen werden. Es zeigt sich, dass die Exzellenzrate der PFöV der DFG (17 Prozent) über jener der Fraunhofer-Gesellschaft (10 Prozent), der Hochschulen (13 Prozent), der Leibniz-Gemeinschaft (13 Prozent) und der Helmholtz-Gemeinschaft (16 Prozent) liegt. Die Exzellenzrate der Max-Planck-Gesellschaft (23 Prozent) ist jedoch – wie gemäß ihrer Ausrichtung auf exzellente Grundlagenforschung zu erwarten – deutlich höher als die der PFöV der DFG. Die Ergebnisse der Vergleiche deuten an, dass es bezüglich der Exzellenzrate im Bereich der kompetitiv geförderten Forschung durchaus noch Spielraum nach oben gibt.[149]

Als alternativer Qualitätsindikator kann der Crown Indicator (CI) herangezogen werden (vgl. Tabelle A 3-7), der disziplinenspezifisch normiert die Zitationsraten eines Landes mit denjenigen im Rest der Welt vergleicht (vgl. Box A 3-6). Auch bei diesem Qualitätsmaß zeigt sich, dass der CI der PFöV in allen Ländern höher ist als der CI der Gesamtheit aller Publikationen des jeweiligen Landes.[150] Deutschland hat im Ländervergleich mit 1,4 im Jahr 2015 den niedrigsten CI bei den PFöV und – gemeinsam mit den USA – auch den niedrigsten CI bei der Gesamtheit der Publikationen (1,3). Auch die Differenz zwischen dem CI der PFöV und dem der Gesamtpublikationen liegt für Deutschland im Vergleich zu den anderen betrachteten Ländern am unteren Rand.

Insgesamt fällt auf, dass PFöV der DFG einen im Ländervergleich niedrigen Zugewinn bei der Exzellenzrate und dem CI im Vergleich zur Gesamtheit der Publikationen in Deutschland aufweisen und dass dies nicht darin begründet liegt, dass letztere schon auf überdurchschnittlich hohem Niveau wären.

Ein weiteres Ziel der DFG ist die Förderung von Kooperation und Strukturbildung. Zur Frage, ob dieses Ziel erreicht wird, liegen bisher keine Untersuchungen vor. Deshalb kann auch nicht eingeschätzt werden, ob die starke Fokussierung der Mittel auf Förderprogramme, die Kooperation und Strukturbildung erzielen sollen, im Vergleich zu den Mitteln in der Einzelprojektförderung zielführend ist. Für die Antragstellenden bedeutet es einen erheblichen Mehraufwand, Strukturbildung und kooperative Elemente bei der Forschungsplanung systematisch zu berücksichtigen. Der Nachweis, dass diesem Aufwand generell ein ausreichend hoher Nutzen gegenübersteht, ist noch zu erbringen.

Schlussfolgerungen und Handlungsempfehlungen

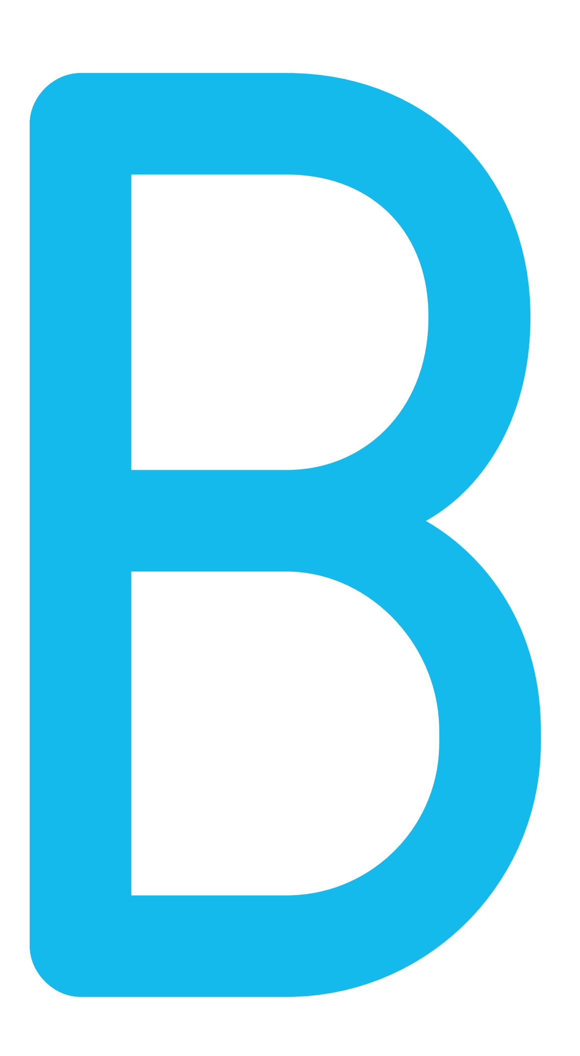
Die DFG wie auch die Forschungsförderorganisationen der Vergleichsländer weisen differenzierte Förderstrukturen in der Grundlagenforschung auf, die auf unterschiedliche Zielsetzungen und Zielgruppen zurückgehen und oft vergleichbar sind. Im Ländervergleich fällt für Deutschland ein überdurchschnittlich hohes Gewicht an Förderung für Structural-priority-area-Programme auf (Sonderforschungsbereiche, DFG-Forschungszentren und Exzellenzinitiative), ein Muster, das sich über die letzten Jahre noch verstärkt hat. Das heißt, die DFG konzentriert sich stärker auf große, koordinierte Förderungen, als dies in Forschungsförderorganisationen anderer Länder der Fall ist. Gleichzeitig fällt auf, dass die Gesamtfördersumme der DFG, bezogen auf die Zahl der im Hochschulsektor in Vollzeit beschäftigten Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, im Ländervergleich eher niedrig ist. Die Ergebnisse weisen zu-

dem darauf hin, dass in der Einzelprojektförderung je Neuantrag die Durchschnittsförderbeträge die kleinsten und die maximalen Laufzeiten mit die kürzesten sind; die Bewilligungsquote hingegen ist vergleichsweise hoch.

Betrachtet man die Forschungsergebnisse gemessen anhand von Publikationen mit Förderverweisen, zeigt sich, dass die Exzellenzrate und der CI der Publikationen mit Förderverweis auf die DFG niedriger sind als in den Vergleichsländern. Gleichzeitig ist die Qualitätsdifferenz zwischen Publikationen mit und ohne Förderverweis im internationalen Vergleich mit am niedrigsten.

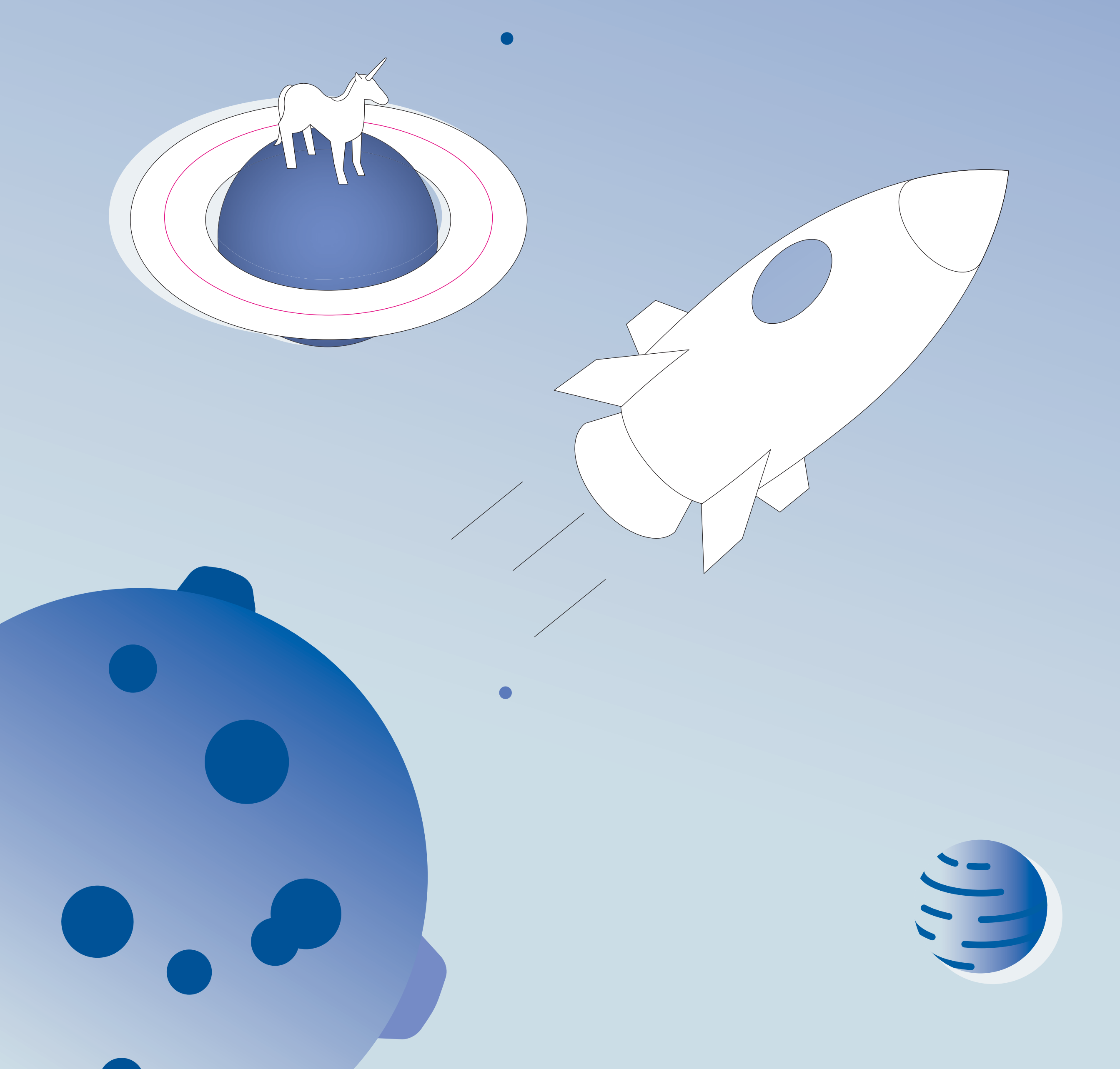
- Die Expertenkommission regt an, die Gründe für diese Muster näher zu untersuchen. Sie empfiehlt daher, verstärkt Wirkungs- und Ursachenanalysen nach neuesten wissenschaftlichen Standards durchzuführen.[151] Sie schlägt außerdem vor, die zugrunde liegenden Daten aufzubereiten, sie der Wissenschaftsgemeinschaft offen zugänglich zu machen und sie beispielsweise im Rahmen eines Förderschwerpunktes durch die Wissenschaftsgemeinschaft stärker quantitativ und qualitativ auswerten zu lassen.[152] Die gewonnenen wissenschaftlichen Erkenntnisse zur Wirkung unterschiedlicher Strukturierungen sollte die DFG bei Überprüfungen des Förderangebots einfließen lassen.
- Der internationale Vergleich deutet darauf hin, dass die DFG eine starke Gewichtung auf Förderprogramme legt, die Kooperation und Strukturbildung erzielen sollen. Gleichzeitig sind die durchschnittlichen Fördersummen von Neuanträgen in der Einzelprojektförderung bei der DFG eher gering und die Laufzeiten eher kurz. Zudem ist die Gesamtfördersumme der DFG, bezogen auf die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Hochschulsektor des Landes, eher klein. Empirische Befunde deuten an, dass mit einer Erhöhung der Förderlaufzeiten der Innovationsgehalt der geförderten Projekte und die Qualität der Forschungsergebnisse verbessert werden können. Vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse und der Zielsetzung der Exzellenzförderung der DFG könnte es sinnvoll sein, eine Erhöhung der durchschnittlichen Förderbeträge und maximalen Laufzeiten in der Einzelprojektförderung vorzunehmen. Da die starke Gewichtung auf Förderprogramme, die Kooperation und Strukturbildung erzielen sollen, eine Besonderheit im internationalen Vergleich darstellt, sollte sie, basierend auf detaillierten DFG-Daten, einer kritischen Prüfung unterzogen werden.
- Auffällig ist auch die unterdurchschnittliche internationale Zusammenarbeit gemessen anhand der Ko-Autorenschaften von Publikationen mit Verweis auf die DFG (PFöV). Dies ist bedenklich, da die Förderung der internationalen Zusammenarbeit von Forschenden als spezifische Aufgabe der DFG in ihrer Satzung verankert ist. Hier stellt sich die Frage, ob internationale Zusammenarbeit nicht stärker durch die DFG gefördert werden sollte.
- Die vorliegende Analyse kann aufgrund von Problemen bei der Datenverfügbarkeit nicht alle Fragen abschließend beantworten. Weitere Analysen sind erforderlich, insbesondere um zu klären, ob die DFG in der Einzelprojektförderung bei der Projektauswahl rigoroser sein, dafür aber großzügigere Beträge und Laufzeiten bewilligen sollte. Darüber hinaus sollte diskutiert werden, ob die großen koordinierten Förderungen zugunsten exzellenter Einzelprojekte zurückgefahren werden sollten.
- Im Ländervergleich zeigt sich außerdem, dass die Programmpauschale der DFG eher niedrig ist. Die im Koalitionsvertrag verankerte perspektivisch vorgesehene Erhöhung der DFG-Programmpauschale auf 30 Prozent[153] ist also zu begrüßen, da sie auch die generellen Bedingungen und Forschungsgrundlagen an Universitäten verbessert.

KERNTHEMEN 2019



B 1 Die Rolle von Start-ups im Innovationssystem

Start-ups verfolgen neue Geschäftsmodelle und erweitern sowie modernisieren mit ihren Innovationen das Angebot an Produkten und Dienstleistungen. Gründungen aus der Wissenschaft spielen eine wichtige Rolle beim Erkenntnis- und Technologietransfer in die Praxis. Start-ups sind auch Trendscouts und Impulsgeber für etablierte Unternehmen, die durch den Wettbewerb mit Start-ups immer aufs Neue herausgefordert werden. Als Kooperationspartner von etablierten Unternehmen tragen Start-ups zur gemeinsamen Entwicklung und Vermarktung von Innovationen bei.



Gründungen aus der Wissenschaft werden gefördert

2.329 Förderfälle, die seit 2007 in den beiden Förderprogrammlinien EXIST-Forschungstransfer und EXIST-Gründerstipendium gefördert wurden.

1.776 Gründungen, die im Jahr 2017 aus Hochschulen hervorgegangen sind.

Wagniskapitalinvestitionen in Deutschland relativ gering

Anteil der Wagniskapitalinvestitionen am nationalen BIP 2017 (Israel: 2014) in Prozent

0,400% USA

0,378% Israel

0,177% Kanada

0,083% Südkorea

0,076% Großbritannien

0,035% Deutschland

Interesse etablierter Unternehmen an Start-ups ist vorhanden

84% Anteil deutscher Akzeleratoren, die durch etablierte private Unternehmen betrieben werden.

48% Anteil der großen Familienunternehmen in Deutschland, die 2018 mit mindestens einem Start-up kooperierten.

Quelle: Anzahl EXIST-Förderfälle: Daten des BMWi/PtJ. Anzahl an Gründungen, die im Jahr 2017 aus Hochschulen hervorgegangen sind: Frank und Schröder (2018: 5). Anteil Akzeleratoren, die durch etablierte private Unternehmen betrieben werden: Zinke et al. (2018: 60). Anteil der großen Familienunternehmen, die mit Start-ups kooperierten: Löher et al. (2018: 6). Wagniskapitalinvestitionen im internationalen Vergleich: OECD (2018a: 15).

B 1 Die Rolle von Start-ups im Innovationssystem

Als Start-ups bezeichnet man junge Unternehmen mit innovativen Geschäftsideen und hohen Wachstumspotenzialen.[154] Sie verfolgen neue Geschäftsmodelle und erweitern sowie modernisieren mit ihren Innovationen das Angebot an Produkten und Dienstleistungen. Sowohl von ihren spezifischen Fähigkeiten als auch von ihren Anreizen her sind sie oft besser als etablierte Unternehmen in der Lage, disruptive Ideen aufzugreifen und in marktfähige Lösungen umzusetzen. So müssen sie als Marktneulinge beispielsweise nicht wie etablierte Unternehmen fürchten, durch disruptive Ideen ihr bisheriges Geschäftsmodell zu kannibalisieren. Gründungen aus der Wissenschaft spielen eine wichtige Rolle beim Erkenntnis- und Technologietransfer in die Praxis. Start-ups sind auch Trendscouts und Impulsgeber für etablierte Unternehmen, die durch den Wettbewerb mit Start-ups immer aufs Neue herausgefordert werden. Als Kooperationspartner etablierter Unternehmen tragen Start-ups zur gemeinsamen Entwicklung und Vermarktung von Innovationen bei.

Dieses Kapitel illustriert die räumliche Verteilung der Start-ups in Deutschland, diskutiert die unterschiedlichen Beiträge von Start-ups im Innovationssystem und zeigt Potenziale zur Stärkung dieser Beiträge in Deutschland auf.

B 1-1 Räumliche Verteilung der Start-ups in Deutschland

In Deutschland hat sich eine lebendige Start-up-Szene entwickelt. Belastbare Daten zur Entwicklung der Population von Start-ups in Deutschland sind bis dato aber nicht verfügbar.

Eine Abschätzung anhand der Entwicklung der Gesamtzahl aller Unternehmensgründungen ist problematisch. So ist in Deutschland die Anzahl der Unternehmensgründungen insgesamt rückläufig (vgl. Kapitel C 5).[155] Angesichts des konjunkturell günstigen Umfelds ist jedoch zu vermuten, dass insbesondere Gründungen zur Existenzsicherung, also aufgrund von Arbeitslosigkeit oder in Ermangelung geeigneter Alternativen, abgenommen haben.[156] Dieses Motiv steht bei der Gründung von Start-ups typischerweise nicht im Vordergrund. Eine Studie über die USA macht deutlich, dass die Entwicklungstrends von Unternehmensgründungen im Allgemeinen und von Start-ups im Besonderen nicht immer parallel verlaufen.[157] Die Entwicklung der Wagniskapitalinvestitionen in Deutschland (vgl. Kapitel C 4) deutet darauf hin, dass die Anzahl der Start-ups in Deutschland höher ist als noch vor fünf Jahren.

Interessant ist nicht nur die absolute Zahl der Start-ups, sondern auch deren räumliche Verteilung innerhalb der Bundesrepublik. Einen Anhaltspunkt dafür geben die Wagniskapitalinvestitionen und die staatlichen Förderungen für Gründungen aus der Wissenschaft, auch wenn nicht alle Start-ups Wagniskapital oder eine staatliche Förderung erhalten.[158]

Start-ups werden in der Frühphase häufig staatlich unterstützt und von Business Angels finanziert, während in der sich anschließenden Wachstumsphase Wagniskapitalgeber externes Eigenkapital bereitstellen.

Für die Frühphase von Start-ups aus akademischen Institutionen kann die räumliche Verteilung anhand der Förderdaten des Programms EXIST – Existenzgründungen aus der Wissenschaft (vgl. Box B 1-5) beschrieben werden. Hierbei wird die Anzahl der Förderfälle in den Förderlinien EXIST-Gründerstipendium und EXIST-Forschungstransfer seit dem Start der Programmlinien im Jahr 2007 betrachtet.

Der High-Tech Gründerfonds (HTGF) ist ein wichtiger Wagniskapitalgeber für Start-ups in der Frühphase (vgl. Box B 1-9). Über die Standorte der Start-ups, die sich derzeit im aktiven Portfolio des HTGF befinden, können deshalb Rückschlüsse auf die





Räumliche Verteilung der Förderfälle von EXIST-Gründerstipendium und EXIST-Forschungstransfer sowie der im Portfolio des HTGF befindlichen Start-ups

Kategorie:
EXIST-Gründerstipendium[1]
EXIST-Forschungstransfer[1]
HTGF[2]

Hamburg
Berlin
Potsdam
Leipzig
Dresden
Köln
Aachen
Darmstadt
Karlsruhe
Stuttgart
Garching
München

[1] Zeitraum 2007 bis 2018.
[2] Aktives Portfolio von HTGF I, II und III im November 2018.
Die Größe der Kreisdiagramme steigt mit der Anzahl der Förderfälle von EXIST-Gründerstipendium und EXIST-Forschungstransfer sowie der im Portfolio des HTGF befindlichen Start-ups.
Es ist möglich, dass einzelne Start-up-Projekte bzw. Start-ups in mehreren Kategorien enthalten sind.
Quellen: Daten des BMWi/PtJ und HTGF (2018). Eigene Berechnungen.

Tab B 1-2

Verteilung der Förderfälle von EXIST-Gründerstipendium und EXIST-Forschungstransfer sowie der im Portfolio des HTGF befindlichen Start-ups auf die Bundesländer

	EXIST-Gründerstipendium[1]		EXIST-Forschungstransfer[1]		HTGF[2]		Wagniskapitalinvestitionen der im BVK organisierten Unternehmen[3]	
	Anzahl der Förderfälle	Fördersumme in Mio. Euro	Anzahl der Förderfälle	Fördersumme in Mio. Euro	Anzahl der im Portfolio befindlichen Start-ups	Geschätztes Investitionsvolumen (Frühphase) in Mio. Euro	Anzahl der Portfoliounternehmen	Investitionsvolumen in Mio. Euro
Baden-Württemberg	228	22,7	52	36,1	35	21,0	43	78,8
Bayern	401	37,4	49	31,1	56	33,6	104	215,8
Berlin	325	33,0	39	23,7	52	31,2	174	490,2
Brandenburg	108	11,1	7	2,9	5	3,0	27	29,4
Bremen	32	2,7	8	3,9	2	1,2	2	1,1
Hamburg	51	5,4	8	6,0	16	9,6	26	60,1
Hessen	102	9,6	18	11,0	10	6,0	16	12,8
Mecklenburg-Vorpommern	42	3,9	3	2,0	1	0,6	4	2,3
Niedersachsen	104	10,7	20	11,3	11	6,6	12	12,4
Nordrhein-Westfalen	294	28,4	43	28,2	36	21,6	58	84,0
Rheinland-Pfalz	32	3,0	5	2,6	2	1,2	10	7,8
Saarland	23	2,4	6	3,8	–	–	5	1,6
Sachsen	145	14,1	48	30,7	15	9,0	27	22,1
Sachsen-Anhalt	34	3,3	5	2,5	3	1,8	4	3,3
Schleswig-Holstein	15	1,4	10	4,6	3	1,8	38	4,4
Thüringen	62	5,9	10	6,2	7	4,2	16	5,9

[1] Zeitraum 2007 bis 2018.
[2] Aktives Portfolio von HTGF I, II und III im November 2018. Es wird angenommen, dass das Investitionsvolumen in der Frühphase pro Start-up 600.000 Euro beträgt. Die Schätzung umfasst keine Anschlussfinanzierungen.
[3] Investitionen im Jahr 2017.
Quellen: Daten des BMWi/PtJ und des BVK sowie HTGF (2018). Eigene Berechnungen.

räumliche Verteilung der Start-ups in der Frühphase gezogen werden.

Die durch den Bundesverband Deutscher Kapitalbeteiligungsgesellschaften (BVK) dokumentierten Wagniskapitalinvestitionen decken sowohl die Früh- als auch die Wachstumsphase ab. Sie liegen allerdings nur auf der Ebene der Bundesländer vor.

Wie Abbildung B 1-1 zu entnehmen, sind in Berlin und München besonders viele Gründungsprojekte zu finden, die durch die EXIST-Programme gefördert wurden. In Start-ups an diesen beiden Standorten fließen auch besonders viele Investitionen des HTGF. Diese räumliche Konzentration spiegelt sich auch in der Verteilung der durch den BVK dokumentierten Wagniskapitalinvestitionen über die Bundesländer (vgl. Tabelle B 1-2) wider. Auch hier liegen Berlin und Bayern an der Spitze.

Ein Blick in andere Länder zeigt, dass eine solche räumliche Konzentration keine deutsche Besonderheit ist.[159] Start-ups bilden und entwickeln sich – in allen Ländern – dort besonders gut, wo sie ein funktionierendes Start-up-Ökosystem mit Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen (AUF), mit etablierten Unternehmen und Investoren sowie mit anderen Start-up-Gründerinnen und -Gründern

und qualifizierten Fachkräften vorfinden. Die folgenden Abschnitte beleuchten die Interaktion der Start-ups mit diesen Akteuren.

B 1-2 Gründungen aus der Wissenschaft als Transferkanal

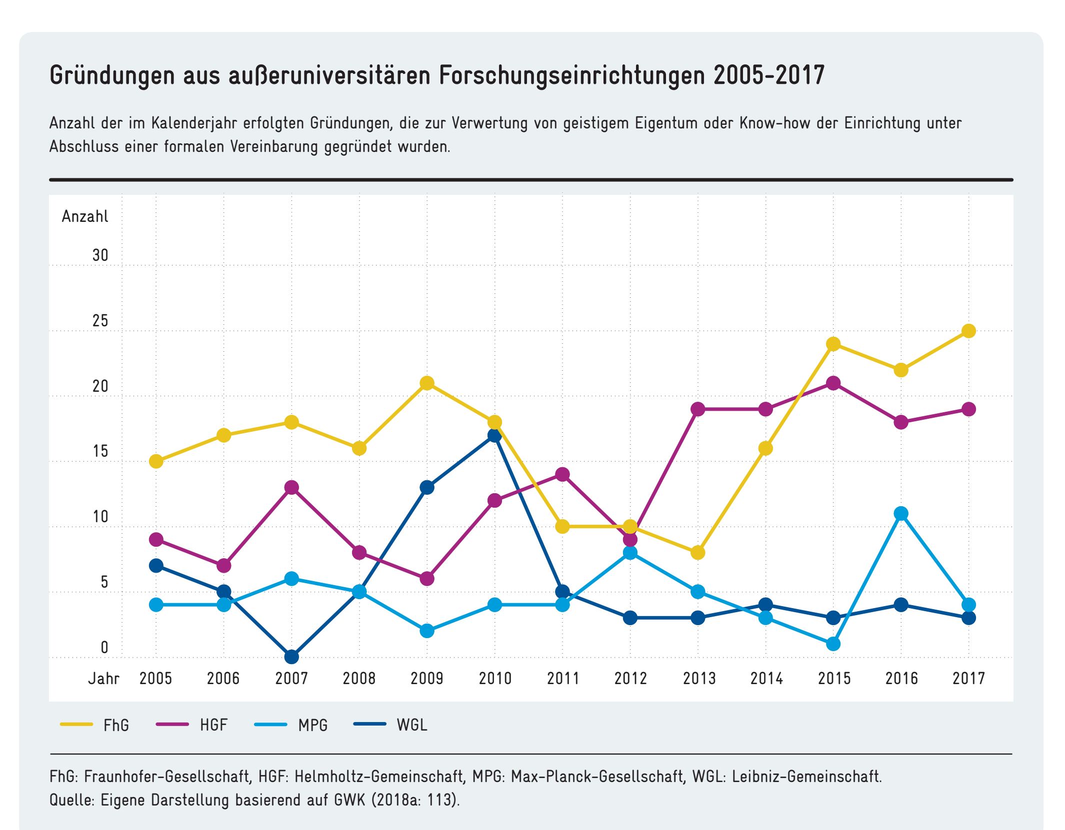
Ein zentraler Beitrag von Start-ups, die aus der Wissenschaft entstehen, ist der Erkenntnis- und Technologietransfer in den Markt. Gründungen aus der Wissenschaft sind hier definiert als Gründungen durch noch beschäftigte oder ehemalige Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die Erkenntnisse aus ihrer Forschungstätigkeit in Hochschulen und AUF in die Anwendung bringen. Gründungen aus Forschungseinrichtungen sind in allen Entwicklungsphasen innovativer als andere Unternehmensgründungen.[160] Eine im Auftrag der Expertenkommission durch das ZEW erstellte Auswertung des IAB/ZEW-Gründungspanels deutet darauf hin, dass Gründungen aus der Wissenschaft überdurchschnittlich viel FuE betreiben und relativ mehr Produktinnovationen entwickeln, die neu für den Markt sind, als junge Unternehmen insgesamt.[161]

Trotz vermehrter Anstrengungen von Hochschulen und AUF, Gründungen aus der Wissenschaft voranzutreiben, beispielsweise durch ein zunehmendes Angebot an Inkubatoren-Programmen,[162] ist die Zahl der Gründungen aus Hochschulen bzw. AUF heraus in Deutschland nach wie vor gering (siehe unten).[163] Die Expertenkommission hat bereits in ihrem Gutachten 2017 angemahnt, dass das Potenzial für Gründungen aus der Wissenschaft nicht ausreichend genutzt wird.[164]

Gründungen aus außeruniversitären Forschungseinrichtungen

Betrachtet man die Gründungen aus AUF in den Jahren 2005 bis 2017, so zeigt sich, dass die Gründungstätigkeiten in diesem Zeitraum sehr volatil waren und sich nicht systematisch erhöht haben (vgl. Abbildung B 1-3).[165] Die durchschnittliche Zahl aller Gründungen aus der gesamten Fraunhofer-Gesellschaft oder der Helmholtz-Gemeinschaft ist vergleichbar mit der Zahl aller Gründungen aus einzelnen Universitäten wie der ETH Zürich oder der Stanford University.[166] Gründungen durch ehemals

Abb B 1-3



FhG: Fraunhofer-Gesellschaft, HGF: Helmholtz-Gemeinschaft, MPG: Max-Planck-Gesellschaft, WGL: Leibniz-Gemeinschaft.
Quelle: Eigene Darstellung basierend auf GWK (2018a: 113).

angestellte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler werden in dieser Statistik allerdings nicht erfasst. Angesichts der stagnierenden Gründungsrate aus AUF begrüßt die Expertenkommission, dass sich die AUF im Pakt für Forschung und Innovation (PFI) III[167] zu einer Intensivierung ihrer gründungsfördernden Maßnahmen verpflichtet haben.

Betrachtet man die Erträge der AUF aus Schutzrechtsvereinbarungen bzw. Lizenzen im Zeitraum von 2005 bis 2017, so stellt man fest, dass sich diese insgesamt um knapp 11 Prozent erhöht haben (vgl. Abbildung B 1-4). Die Fraunhofer-Gesellschaft erzielte über den gesamten betrachteten Zeitraum mit Abstand die höchsten Lizenzeinnahmen. 2017 beliefen sich diese auf 143 Millionen Euro. Die Max-Planck-Gesellschaft, die Helmholtz-Gemeinschaft und die Leibniz-Gemeinschaft nahmen 2017 20 Millionen, 15 Millionen bzw. 7 Millionen Euro an Lizenzerträgen ein.[168] Die hohe Stabilität der Lizenzeinnahmen könnte ein Indiz dafür sein, dass die AUF gezielt auf stabile Einnahmen aus Lizenzvereinbarungen mit etablierten Unternehmen setzen. Ähnlich stabile Einnahmen lassen sich im Fall von Gründungen nur bedingt erzielen, da Gründende zu Anfang nur über geringe finanzielle Mittel verfügen, um diese Lizenzzahlungen zu leisten.

Gründungen aus Hochschulen

An Hochschulen finden deutlich mehr Gründungen statt als an AUF.[170] Eine im Rahmen des Gründungsradars durchgeführte Befragung von Hochschulen zeigt, dass im Jahr 2017 1.776 Gründungen an Hochschulen erfolgt sind.[171] Davon haben 767 Gründungen Wissen bzw. Technologien aus der Hochschule in die Gründung transferiert. 232 Gründungen basieren auf konkreten Schutzrechten (z. B. Patenten, Gebrauchsmustern).[172] Im Zeitraum von 2012 bis 2017 ist die Zahl der erfassten Gründungen an Hochschulen um ca. 40 Prozent gestiegen.[173]

Die EXIST-Maßnahmen (vgl. Box B 1-5) haben zu einer positiven Entwicklung der Gründungskultur an deutschen Hochschulen beigetragen.[174] Angesichts der Förderpause nach der zweiten Wettbewerbsrunde von EXIST IV[175] ist die im November 2018 gestartete neue Fördermaßnahme im Rahmen von EXIST-Gründungskultur – EXIST-Potentiale – zu begrüßen.



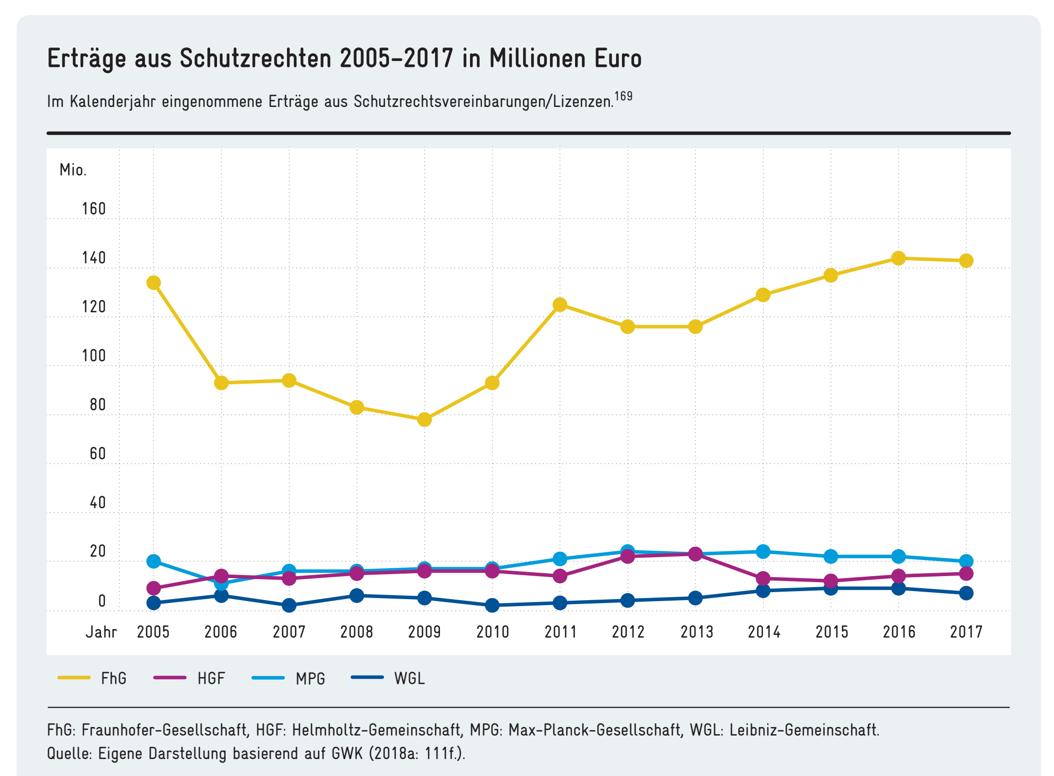


Abb B 1-4

Erträge aus Schutzrechten 2005–2017 in Millionen Euro

Im Kalenderjahr eingenommene Erträge aus Schutzrechtsvereinbarungen/Lizenzen.[169]

FhG: Fraunhofer-Gesellschaft, HGF: Helmholtz-Gemeinschaft, MPG: Max-Planck-Gesellschaft, WGL: Leibniz-Gemeinschaft.
Quelle: Eigene Darstellung basierend auf GWK (2018a: 111f.).

EXIST-Potentiale soll insbesondere die kleinen und mittleren Hochschulen bei der Umsetzung gründungsfördernder Maßnahmen unterstützen.[176] Die Expertenkommission bedauert allerdings, dass der Wettbewerb EXIST-Potentiale nur mit geringen Mitteln ausgestattet ist.[177] Auch einige Länder machen es sich zur Aufgabe, Gründungen aus Hochschulen zu fördern, was vor dem Hintergrund, dass die Finanzierung von Hochschulen Länderaufgabe ist, folgerichtig erscheint. Nordrhein-Westfalen beispielsweise fördert im Rahmen des Wettbewerbs Exzellenz Start-up Center bis zu sieben Universitäten mit insgesamt 150 Millionen Euro für fünf Jahre.[181] Gleichzeitig stellt sich wie immer, wenn Bund und Länder in denselben Feldern aktiv werden, die Frage, wie gut die verschiedenen Gründungsförderungen abgestimmt sind.

Box B 1-5

EXIST-Förderprogramm[178]

Das BMWi fördert mit dem im Jahr 1998 gestarteten Programm EXIST – Existenzgründungen aus der Wissenschaft Gründungsaktivitäten an Hochschulen und AUF und unterstützt Forschungseinrichtungen bei der Verbreitung von Unternehmergeist. Das Programm umfasst drei Förderlinien: EXIST-Gründungskultur (seit 1998), EXIST-Gründerstipendium (seit 2007, davor EXIST-Seed) und EXIST-Forschungstransfer (seit 2007). EXIST-Gründungskultur unterstützt Hochschulen bei der Erarbeitung und Umsetzung einer ganzheitlichen hochschulweiten Strategie, um Gründungskultur und Unternehmergeist zu fördern. Die Förderlinie EXIST-Gründungskultur umfasst mehrere Programmphasen: EXIST I (1998 bis 2005), EXIST II (2002 bis 2006), EXIST III (2006 bis 2011), EXIST IV, auch EXIST-Gründungskultur – Die Gründerhochschule genannt (2011 bis 2018), und die im November 2018 gestartete Wettbewerbsrunde EXIST-Potentiale (2018 bis 2023).[179] Die Förderlinie EXIST-Gründerstipendium unterstützt innovative technologieorientierte und wissensbasierte Gründungsvorhaben in der Vorgründungsphase. EXIST-Forschungstransfer fördert insbesondere Entwicklungsarbeiten, die für einen Nachweis der technischen Machbarkeit forschungsbasierter Gründungsideen erforderlich sind. Sowohl aktuelle Evaluierungsstudien des Förderprogramms als auch der Gründungsradar 2018 attestieren positive Förderwirkungen: Die im Rahmen der Förderlinie EXIST-Gründungskultur – Die Gründerhochschule geförderten Hochschulen weisen eine deutliche Erhöhung des Niveaus der Gründungsunterstützung auf. Außerdem fördert EXIST die Entstehung einer Vielfalt an Gründungen in unterschiedlichsten Technologiefeldern und Branchen. Die Überlebensquote der entstandenen Gründungen ist vergleichsweise hoch.[180]

Hemmnisse für Gründungen aus der Wissenschaft

Im Auftrag der Expertenkommission hat die TU München 50 Personen befragt, die in den vergangenen zehn Jahren alleine oder im Team ein Start-up gegründet, geleitet oder begleitet haben. Im Rahmen dieser Befragung wurden als Hemmnisse für Gründungen aus Hochschulen das Fehlen einer praxisorientierten Qualifikation, ein hoher Bürokratieaufwand sowie knappe Ressourcen (z. B. Kapital, Büroräume) genannt.[182] Eine weitere Herausforderung ist eine mögliche Konkurrenz zwischen der kommerziellen Verwertung und der Verbreitung wissenschaftlicher Erkenntnisse in Form von Publikationen, sofern die Unternehmensgründerinnen und -gründer noch an der Forschungseinrichtung tätig sind.[183]

Auch rechtliche Rahmenbedingungen und Unsicherheiten können Hemmnisse darstellen. Gründungen aus der Wissenschaft werden durch langwierige Lizenzverhandlungen zwischen Gründenden und Transferorganisationen erschwert. In den USA z. B. bieten bereits mehrere Technologietransfereinrichtungen von Universitäten den Gründenden sogenannte Express-License-Contracts (Standard-Lizenz-Verträge) als Option an, um ihnen eine zügige Lizenzierung zu ermöglichen.[184] Falls die Gründenden die Bedingungen der Standard-Lizenz-Verträge nicht attraktiv finden, bleibt ihnen die Möglichkeit, individuelle Verhandlungen mit der jeweiligen Technologietransferorganisation zu führen. Standard-Lizenz-Verträge könnten auch in Deutschland helfen, den Gründungsprozess zu beschleunigen und Hürden für Gründungen aus der Wissenschaft zu senken.[185]

B 1–3 Start-ups als Impulsgeber für Innovationen in etablierten Unternehmen

Start-ups geben wichtige Impulse für Innovationen in etablierten Unternehmen. Im direkten Wettbewerb setzen Start-ups etablierte Unternehmen unter Druck, sich permanent zu verbessern, um am Markt bestehen

zu können.[186] Start-ups können aber auch Trendscouts für neue Technologien oder Innovationen sein.[187] Aussagen einzelner Gründender zufolge ist die Beobachtung von Start-ups besonders für große Unternehmen interessant, um beispielsweise neue Absatzwege oder neue Märkte zu entdecken. Kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) können Start-ups helfen, die Zukunftsfähigkeit von Technologien oder Innovationen richtig einzuschätzen.

Start-ups sind für etablierte Unternehmen aber auch als mögliche Kooperationspartner interessant. Zudem kann es Teil der Innovationsstrategie etablierter Unternehmen sein, innovative Start-ups aufzukaufen.

Kooperationen zwischen etablierten Unternehmen und Start-ups

Kooperationen können dazu beitragen, neue Innovationen zu befördern, die Diffusion von Wissen und Technologien voranzutreiben und die Marktfähigkeit von Technologien schneller zu testen.[188] Insbesondere in den letzten Jahren hat in Deutschland das Interesse etablierter Unternehmen an Kooperationen mit Start-ups deutlich zugenommen, sodass Unternehmen zunehmend um attraktive Start-ups konkurrieren (müssen).[189] Eine Befragung von 248 großen Familienunternehmen in Deutschland durch das Institut für Mittelstandsforschung (IfM) Bonn deutet darauf hin, dass 2018 knapp die Hälfte der befragten großen Familienunternehmen mit mindestens einem Start-up kooperierte.[190] Die Zahl der von Unternehmen angebotenen Inkubatoren und Akzeleratoren in Deutschland ist in den letzten Jahren kontinuierlich gestiegen. Mittlerweile werden gut 84 Prozent aller deutschen Akzeleratoren (121 im Jahr 2017) von etablierten Unternehmen betrieben.[191]

Kooperationen entstehen insbesondere dann, wenn etablierte Unternehmen und Start-ups komplementäre Produkte anbieten. Die Ergebnisse der im Auftrag der Expertenkommission durch die TU München durchgeführten Studie legen nahe, dass Start-ups und etablierte Unternehmen bei Partnerschaften insbesondere die Ziele verfolgen, den Zugang zu Absatz- und Zuliefermärkten für beide Partner zu erleichtern oder das Leistungsversprechen gegenüber der Kundin bzw. dem Kunden zu erweitern.[192]

– Bei einer Partnerschaft mit dem Ziel, neue Märkte zu erschließen, profitieren die Kooperationspartnerinnen und -partner von einem Austausch von Informationen über ihre Kundinnen und Kunden, Lieferantinnen und Lieferanten und/oder Kapitalgeberinnen und -geber. Als Gründe für eine gemeinsame Markterschließung werden eine Erhöhung des Gesamtumsatzes, die Aufwertung des Produktportfolios sowie eine bessere Außendarstellung der beteiligten Kooperationspartnerinnen und -partner angeführt (vgl. Box B 1-6).

– Bei der gemeinschaftlichen Erweiterung des Leistungsversprechens gegenüber Kundinnen und Kunden entwickeln Start-ups und etablierte Unternehmen zusammen neue komplementäre Produkte bzw. Dienstleistungen. Häufig wird eine durch das Start-up neu entwickelte Technologie in bestehende Produkte etablierter Unternehmen integriert. Dabei können Start-ups auf die Ressourcen und die Infrastruktur des mit ihnen kooperierenden Unternehmens zurückgreifen. Als Gründe für diese Kooperationen werden vor allem die stetige Verbesserung der eigenen Produkte sowie eine nachhaltig positive Auswirkung auf die Kultur etablierter Unternehmen genannt.

Box B 1-6

Kooperation zur Markterschließung[193]

Das Start-up Cubuslab in Karlsruhe stellt einen Adapter her, der Laborgeräte funktional ergänzt. Mit dem Adapter können Daten exportiert und übertragen werden, sodass Messungen durch die Laborgeräte einfacher und schneller an andere Geräte weitergegeben werden können. Cubuslab nutzt die Vertriebskanäle des Kooperationspartners, eines Laborgeräteherstellers. Prototypen des Adapters können so schneller am Markt getestet und nicht marktfähige Prototypen den Kundenwünschen angepasst werden. Gleichzeitig profitiert auch der Laborgerätehersteller davon, dass seine Produkte in höherem Maße digitalisiert und wettbewerbsfähiger werden.

Kooperationen stellen Start-ups und etablierte Unternehmen aber auch vor Herausforderungen.[194] Start-up-Gründerinnen und -Gründer mit Kooperationserfahrung nennen hier insbesondere unterschiedliche Machtverhältnisse aufgrund asymmetrischer Ressourcenausstattung, Konflikte, wenn aus einer Kooperationsbeziehung eine Konkurrenzbeziehung wird, sowie Unterschiede in den Unternehmenskulturen. KMU wünschen sich Unterstützung bei

der Anbahnung von Kooperationsbeziehungen mit Start-ups, geeignete Austauschmedien sowie Informationsangebote.[195] Vor diesem Hintergrund ist sowohl die Digital Hub Initiative, die 2017 vom BMWi gestartet wurde und Kooperationen von Start-ups und Unternehmen befördern soll, als auch die im Rahmen der Gründungsoffensive des BMWi geplante Intensivierung der Vernetzung von jungen und etablierten Unternehmen zu begrüßen.[196] Allerdings wird von Branchenkennern die unzureichende Ressourcenausstattung der Digital Hubs bemängelt. Ein interessantes internationales Beispiel aus der Praxis, wie Informationen über mögliche Kooperationspartnerinnen und -partner verfügbar gemacht werden können, ist die israelische Informationsplattform Start-Up Nation Central (vgl. Box B 1-7).

Box B 1-7

Start-Up Nation Central[197]

Start-Up Nation Central ist eine israelische Online-Plattform für Informationen zum israelischen Start-up-Ökosystem. Die Plattform stellt Start-ups (z.B. deren Geschäftsmodell, Standort, Gründungsjahr), Hubs, Investoren, etablierte KMU, wissenschaftliche Einrichtungen und multinationale Unternehmen vor. Auf der Plattform kann man gezielt nach potenziellen Kooperationspartnerinnen und -partnern suchen, aber auch selbst ein Unternehmensprofil anlegen und Informationen bereitstellen, um sich potenziellen Geschäftspartnerinnen und -partnern zu präsentieren. Die Plattform liefert darüber hinaus Informationen über neue technologische Trends. Sie verringert den Suchaufwand für Akteure des Start-up-Ökosystems und erhöht gleichzeitig die Sichtbarkeit der israelischen Start-ups – auch für ausländische Investoren.[198] Die hohe Anzahl eingestellter Unternehmensprofile auf der Plattform zeigt, dass sie als Informations- und Präsentationsmedium angenommen wird. Eine systematische Evaluation des Erfolgs der Plattform steht noch aus.

Akquisition von Start-ups durch etablierte Unternehmen

Durch die Akquisition von Start-ups können etablierte Unternehmen ihre Innovationsprojekte beschleunigen, aber auch die Kosten für den Erwerb von Technologien und für einen Marktzugang senken.[199] Eine Studie des ZEW zeigt, dass etablierte Unternehmen aus den wissensintensiven Branchen vergleichsweise häufiger innovative junge Unternehmen bzw. Start-ups akquirieren als Unternehmen aus nicht-wissensintensiven Branchen. Zudem akquirieren sie auch häufiger Start-ups außerhalb der eigenen Branche.[200] Damit erweitern sie ihr Portfolio stärker als Unternehmen aus nicht-wissensintensiven Branchen. In der Branche der Spitzentechnologie ist dies am stärksten ausgeprägt.[201]

Besondere Aufmerksamkeit erregt haben in den letzten Jahren vor allem Aufkäufe durch finanzstarke chinesische und US-amerikanische Konzerne. Einige Beobachterinnen und Beobachter haben die Sorge geäußert, in Deutschland entwickelte Technologien und in der Folge auch Wertschöpfung könnten an das Ausland verlorengehen. Die Expertenkommission sieht grundsätzlich einen offenen internationalen Kapital- und Technologietransfer als wichtigen Innovations- und Wachstumstreiber. Sie teilt aber die Sorge, dass ungleiche Marktzugangsbedingungen und Marktverzerrungen durch staatlich finanzierte Unternehmen, beispielsweise in China, die Marktchancen deutscher Unternehmen beeinträchtigen können.

Umstritten sind auch Akquisitionen von Start-ups durch marktmächtige US-amerikanische Digitalkonzerne. Die Befürchtung hier ist, dass diese Konzerne systematisch solche Start-ups aus dem Markt nehmen, die längerfristig das Potenzial haben, die Marktstellung oder das Geschäftsmodell des Digitalkonzerns zu bedrohen.[202] Mit der 9. GWB-Novelle hat der Gesetzgeber diese möglichen Wettbewerbsbedenken aufgegriffen. Künftig unterliegen auch solche Zusammenschlüsse der Fusionskontrolle, bei denen das erworbene Unternehmen weniger als fünf Millionen Euro Umsatz in Deutschland erzielt, der Wert der Gegenleistung (in der Regel der Kaufpreis) aber bei über 400 Millionen Euro liegt. Das Bundeskartellamt kann also künftig auch Zusammenschlüsse prüfen, in denen große, etablierte Unternehmen ihre Marktbeherrschung durch die Akquisition junger innovativer Unternehmen mit einem hohen wirtschaftlichen Wert begründen oder verstärken wollen.[203]

Start-up-Unternehmerinnen und -Unternehmer sehen diese Novelle mit einer gewissen Skepsis. Ein Verkauf an etablierte Unternehmen kann aus ihrer Sicht attraktiv sein, beispielsweise um Zugang zu Kapital oder zu Kundinnen und Kunden des übernehmenden Unternehmens zu erhalten. Sie befürchten durch die

wettbewerbsrechtliche Neuregelung eine mögliche Verschlechterung ihrer Finanzierungs- und Exit-Optionen.

Nach Einschätzung der Expertenkommission ist die Sorge der Start-up-Unternehmerinnen und -Unternehmer verständlich. In der Gesamtschau spricht aber vieles dafür, zu starken Konzentrationstendenzen in Folge von Fusionen entgegenzuwirken, weil diese innovationshemmend wirken können. Durch die Novelle werden Akquisitionen zudem nicht generell unmöglich. Es werden lediglich Akquisitionen, deren Verkaufspreis einen hohen Schwellenwert überschreiten, einer Kontrolle durch die Wettbewerbsbehörden zugänglich gemacht. Deren Aufgabe ist es dann, eine Einschätzung der Wettbewerbskonsequenzen der geplanten Unternehmensakquisition vorzunehmen.

B 1-4 Finanzierung von Start-ups über Beteiligungskapital

Start-ups sind für die Finanzierung ihrer Investitionen in hohem Maße auf Beteiligungskapital angewiesen.[204] Start-up-Projekte haben in der Regel einen hohen Finanzbedarf und sind sehr riskant, können aber im Erfolgsfall ein hohes Wachstum generieren.[205] Wagniskapitalgeber beteiligen sich an Start-ups mit dem Ziel, eine möglichst hohe Rendite aus deren Wachstum zu erwirtschaften. Um die Renditeerwartungen ihrer Investitionen zu erhöhen, stellen Wagniskapitalgeber in der Regel nicht nur finanzielle Mittel bereit, sondern beraten die Unternehmensleitungen der Start-ups strategisch, überwachen ihre operativen Leistungen und unterstützen sie bei der Bildung von Netzwerken, der Beschaffung zusätzlicher Finanzmittel sowie der Rekrutierung von Führungskräften.

Typische Akteure auf dem Markt für Wagniskapital sind Business Angels[206] und Wagniskapitalfonds. Die durchschnittliche Investitionssumme ist bei Business Angels deutlich geringer als bei Wagniskapitalfonds.[207] Business Angels sind vor allem in der Frühphase aktiv; Wagniskapitalfonds halten sich bei der riskanten Frühphasenfinanzierung in der Regel zurück und spielen vor allem bei der Finanzierung der Wachstumsphase eine wichtige Rolle.[208]

Deutschland hat als Investitionsstandort für internationale Wagniskapitalgeber an Attraktivität gewonnen.[209] Eine aktuelle Analyse zeigt, dass zwischen 1992 und dem dritten Quartal 2018 bei rund einem Fünftel der wagniskapitalfinanzierten Start-ups in Deutschland zumindest ein Wagniskapitalfonds aus den USA zu den Investoren zählte.[210]

Nach der Finanz- und Wirtschaftskrise sind die Wagniskapitalinvestitionen in Deutschland – nicht zuletzt aufgrund des niedrigen Zinsniveaus – gestiegen (vgl. Abbildung C 4-3). Der Anteil der Wagniskapitalinvestitionen am BIP ist im Vergleich zu wichtigen anderen Ländern jedoch nach wie vor gering (vgl. Infografik und Abbildung C 4-2). Start-ups haben in Deutschland – insbesondere in der Wachstumsphase – noch immer Probleme, Wagniskapital zu erhalten. Die Finanzierungsmöglichkeiten werden durch verschiedene Faktoren beeinträchtigt, die im Folgenden näher beleuchtet werden: das Fehlen von Ankerinvestoren und die geringe Größe von Wagniskapitalfonds, unzureichende steuerrechtliche Regelungen sowie schwache Exit-Kanäle.[211]

Fehlen von Ankerinvestoren und geringe Größe von Wagniskapitalfonds

In Deutschland mangelt es an institutionellen Anlegern, die auf dem Wagniskapitalmarkt die Funktion von Ankerinvestoren übernehmen und weiteren in- und ausländischen Investoren wichtige Signale liefern. Aufgrund des größtenteils umlagefinanzierten Rentensystems fehlt eine in anderen Ländern bedeutende Klasse von institutionellen Investoren, die Pensionsfonds.

Ein weiteres Problem ist, dass in Deutschland relativ wenige große Wagniskapitalfonds existieren.[212] Vor kleinvolumigen Fonds schrecken jedoch institutionelle Investoren zurück. So bevorzugen beispielsweise Versicherungen für ihre Wagniskapitalinvestitionen aufgrund deren Größe die Märkte in den USA und in Asien.[213] Hinzu kommt, dass sich Anleger bei ihren Investitionsentscheidungen an den Erfolgsgeschichten, den sogannten Track Records, von Fonds orientieren. Diese sind bei europäischen Wagniskapitalfonds allerdings noch recht kurz. Nicht nur bei der Größe der Wagniskapitalfonds, sondern auch bei der Anzahl von Business Angels besteht in Deutschland noch Aufholbedarf.[214]

In den letzten Jahren haben sowohl die Bundesregierung als auch die Bundesländer verschiedene Programme weiterentwickelt bzw. neu aufgelegt, die Anreize für private Anleger setzen, in Wagniskapitalfonds und Start-ups zu investieren (zu den Programmen der Bundesregierung vgl. Box B 1-9). Im Jahr

2015 kehrte die KfW im Rahmen des Programms ERP-Venture Capital-Fondsfinanzierung als Investor für Wagniskapitalfonds in den Markt zurück und leistete damit einen Beitrag zur Gewinnung weiterer in- und ausländischer institutioneller Investoren.[215] In der seit 15. Oktober 2018 operativ tätigen KfW-Tochtergesellschaft KfW Capital wird nun das Finanzierungsangebot der KfW im Bereich Wagniskapital gebündelt und erweitert.[216] Es ist vorgesehen, dass KfW Capital das Investitionsvolumen in Wagniskapital- und Venture-Debt-Fonds bis zum Jahr 2020 auf durchschnittlich 200 Millionen Euro p. a.

Box B 1-8

Dansk Vækstkapital

Dansk Vækstkapital ist ein gemeinsames Projekt des dänischen Staats und der dänischen Pensionsfonds mit dem Ziel, Beteiligungskapital für Start-ups sowie KMU mit Wachstumspotenzial verfügbar zu machen.[217] Dansk Vækstkapital besteht aus zwei voneinander unabhängigen Dachfonds, Dansk Vækstkapital I und Dansk Vækstkapital II, die in Small Cap Funds, Mid Cap Funds, Venture Capital Funds und Mezzanine Funds investieren. Beim Dansk Vækstkapital I fand die Investitionsphase von 2011 bis 2015 statt. Dansk Vækstkapital II befindet sich derzeit in der Investitionsphase. Die beiden Dachfonds weisen zwei Finanzierungssäulen auf.

Säule 1: Die Pensionskassen leihen dem vom Staat eingesetzten, aber selbstständig agierenden Vækstfonden einen festgelegten Anteil des Investitionsvolumens und erhalten dafür eine feste Verzinsung. Vækstfonden investiert dieses Kapital in den Dachfonds.

Säule 2: Die Pensionskassen investieren die übrigen Mittel direkt in den Dachfonds.

Beim Dansk Vækstkapital I flossen drei Viertel des eingesetzten Investitionsvolumens Vækstfonden zu, ein Viertel wurde direkt in den Dachfonds investiert. Beim Dansk Vækstkapital II erhielten die Pensionskassen die Wahlmöglichkeit, ob sie ein Drittel an Vækstfonden leihen und zwei Drittel direkt in den Dachfonds investieren oder umgekehrt. Eine dritte Möglichkeit ist, dass die Pensionskassen die Mittel zu 100 Prozent in Private Equity investieren.

steigert. Um darüber hinaus institutionelle Anleger zu gewinnen, führt die Bundesregierung derzeit einen Dialog mit der Versicherungswirtschaft.[218] Hier geht es darum, Modelle für mehr Wagniskapitalinvestitionen dieser Branche zu entwickeln. In dem Zusammenhang könnte nach Auffassung der Expertenkommission das dänische Programm Dansk Vækstkapital ein interessantes Modell für die Einbindung institutioneller Investoren in die Beteiligungskapitalfinanzierung von Start-ups sein (vgl. Box B 1-8).[219]

Steuerrechtliche Rahmenbedingungen unzureichend

Zwar wurden die steuerrechtlichen Rahmenbedingungen für Wagniskapitalinvestitionen mit der 2016 erfolgten Neuregelung der Verlustverrechnung verbessert,[220] jedoch schaffen sie noch immer nicht in ausreichendem Maße Anreize für Wagniskapitalinvestitionen. So sind in Deutschland Verwaltungsleistungen von Fondsmanagerinnen und -managern – anders als in vielen anderen europäischen Ländern – umsatzsteuerpflichtig.[221] Der Aufbau und die Verwaltung von Wagniskapitalfonds sind hier deshalb vergleichsweise unattraktiv.

Schwache Exit-Kanäle

Zu den wichtigsten Exit-Kanälen für Beteiligungen an Start-ups zählen der Verkauf an einen strategischen Investor (vgl. Abschnitt Akquisition von Start-ups durch etablierte Unternehmen, S. 53f.) und der Börsengang.[222] In Deutschland gilt das Exit-Umfeld für Investoren als schwierig.[223] Um die Börse als Finanzierungsquelle für junge Wachstumsunternehmen und als wichtigen Exit-Kanal für Investoren zu beleben, wurde im Juni 2015 das Netzwerk Deutsche Börse Venture Networks gegründet.[224] Seit dessen Start wurden 2,4 Milliarden US-Dollar in die Mitgliedsunternehmen investiert und sieben IPOs realisiert.[225] Zudem ist im März 2017 das neue KMU-Börsensegment Scale gestartet.[226] Auch die europäische Mehrländerbörse Euronext bemüht sich, junge deutsche Technologieunternehmen zu attrahieren.[227] Als positive Signale für das Exit-Umfeld können der erste Börsengang eines vom HTGF finanzierten Unternehmens (NFON) im Mai 2018 sowie der Börsengang von Home24 im Juni 2018 gesehen werden.[228]

Box B 1-9

Programme der Bundesregierung im Bereich Wagniskapital und Venture Debt

Gründungsphase[229]

High-Tech Gründerfonds: Beim High-Tech Gründerfonds (HTGF) handelt es sich um einen Frühphasenfonds, der 2005 als Public-Private-Partnership aufgelegt wurde.[230] Nach Auslaufen der Investitionsphase des HTGF I startete 2011 der HTGF II.[231] 2017 nahm der HTGF III sein operatives Geschäft auf.[232] Zu den Investoren des HTGF III, der ein Volumen von 316,5 Millionen Euro hat, zählen der Bund (ERP-Sondervermögen – ERP-SV), KfW Capital,[233] die Fraunhofer-Gesellschaft und 32 private Unternehmen.[234] Der HTGF finanziert – allein oder als Lead-Investor mit Partnern – innovative Technologie-Start-ups entweder mittels Wandeldarlehen oder über den Kauf von Unternehmensanteilen.[235]

INVEST – Zuschuss für Wagniskapital: Das BMWi fördert mit dem 2013 eingeführten Programm INVEST – Zuschuss für Wagniskapital die Beteiligung von privaten Investoren, insbesondere von Business Angels, an jungen innovativen Unternehmen. Das Programm umfasst derzeit zwei Komponenten:[236] Mit dem Erwerbszuschuss erhalten Business Angels einen steuerfreien Zuschuss zur investierten Summe. Der Exit-Zuschuss stellt eine pauschale Kompensation der auf den Veräußerungsgewinn zu entrichtenden Steuern dar.

Mikromezzaninfonds-Deutschland: Der vom BMWi im Jahr 2013 aufgelegte und aus Mitteln des ERP-SV und des Europäischen Sozialfonds (ESF) finanzierte Mikromezzaninfonds-Deutschland hat das Ziel, die Eigenkapitalbasis von kleinen und jungen Unternehmen sowie von Existenzgründungen durch stille Beteiligungen zu erhöhen.[237] Die stille Beteiligung erfolgt durch die Mittelständische Beteiligungsgesellschaft (MBG) desjenigen Bundeslandes, in dem die Investition getätigt wird.[238] Zunächst hatte der Mikromezzaninfonds-Deutschland ein Volumen von 35 Millionen Euro und wurde dann nach und nach auf 75 Millionen Euro aufgestockt (Fonds I). In der neuen ESF-Förderperiode stehen nun weitere 85 Millionen Euro zur Verfügung (Fonds II).

Wachstumsphase

Coparion: Der gemeinsam von Bund (ERP-SV), KfW Capital und EIB betriebene Ko-Investment-Fonds Coparion nahm 2016 seine Arbeit auf. Er beteiligt sich zusammen mit privaten Lead-Investoren an jungen innovativen Unternehmen, die neue Produkte, Verfahren oder Dienstleistungen entwickeln und/oder in den Markt einführen und dabei die FuE-Anteile selbst erbringen.[239] Coparion wurde zunächst mit einem Kapital von 225 Millionen Euro ausgestattet. Diese Summe wurde im Dezember 2018 durch den Beitritt der EIB um 50 Millionen Euro auf 275 Millionen Euro erhöht.[240] Der Anteil des Bundes beträgt 180 Millionen Euro und der Anteil von KfW Capital 45 Millionen Euro.[241]

ERP/EIF-Dachfonds: Durch den Europäischen Investitionsfonds (EIF) und das ERP-Sondervermögen wird ein Dachfonds finanziert, der sich an Wagniskapitalfonds beteiligt, die in junge, vorwiegend in Deutschland angesiedelte Technologieunternehmen investieren.[242] Die Mittel des seit 2004 bestehenden ERP/EIF-Dachfonds betrugen zunächst 500 Millionen Euro – sie wurden im Mai 2010 auf eine Milliarde Euro und im Juli 2017 auf 2,7 Milliarden Euro aufgestockt.[243] Ein Teil der Mittel des ERP/EIF-Dachfonds wird für den European Angels Fund (EAF) eingesetzt (vgl. dort).[244]

European Angels Fund: Der im Jahr 2012 neu aufgelegte European Angels Fund (EAF) stellt Ko-Finanzierungen für ausgewählte erfahrene Business Angels und andere nicht-institutionelle Investoren bereit, die sich an innovativen Unternehmen beteiligen.[245] Die Mittel des EAF wurden 2015 von 130 Millionen Euro auf 285 Millionen Euro aufgestockt. Der ERP/EIF-Dachfonds stellt 270 Millionen Euro zur Verfügung, weitere 15 Millionen Euro kommen aus der Fazilität des EIF mit der bayerischen LfA Förderbank hinzu.

ERP-Venture Capital-Fondsfinanzierung: Mit dem Programm ERP-Venture Capital-Fondsfinanzierung ist die KfW im Jahr 2015 mit einem Budget von 400 Millionen Euro als Investor für Wagniskapitalfonds in den Markt zurückgekehrt.[246] Die KfW Capital hat nach Aufnahme ihres operativen Geschäfts im Oktober 2018 die Betreuung des Programms übernommen. Sie beteiligt sich im Risiko des ERP-Sondervermögens an vorwiegend in Deutschland investierenden Wagniskapitalfonds, die technologieorientierte Start-ups und junge innovative Unternehmen finanzieren.[247] Seit 2017 ist das Programm auch für Beteiligungen an Venture-Debt-Fonds geöffnet.

ERP/EIF-Wachstumsfazilität: Die im Jahr 2016 aufgelegte und durch das ERP-SV sowie den EIF finanzierte ERP/EIF-Wachstumsfazilität soll schnell wachsenden Unternehmen den Zugang zu Beteiligungskapital ermöglichen.[248] Wagniskapitalfonds sowie Fondsmanagerinnen und -manager erhalten Mittel, um von ihnen gemanagte Ko-Investitionsfonds zu refinanzieren.[249] Insgesamt werden 500 Millionen Euro, von denen 330 Millionen durch das ERP-Sondervermögen und 170 Millionen durch den EIF finanziert werden, auf einzelne Ko-Investitionsfonds aufgeteilt.[250]

Mezzanin-Dachfonds für Deutschland: Der von EIF, BMWi/ERP-SV, LfA Förderbank Bayern und NRW. BANK im Jahr 2013 aufgelegte Mezzanin-Dachfonds für Deutschland (MDD) beteiligt sich an privaten professionellen Mezzanin-Fonds, die in den deutschen Mittelstand, inklusive in jüngere Wachstumsunternehmen, investieren.[251] Der MDD wurde zunächst mit 200 Millionen Euro ausgestattet.[252] Im Jahr 2016 wurde ein zweiter, einen Investitionszeitraum von fünf Jahren umfassender Mezzanin-Fonds mit einem Volumen von 400 Millionen Euro aufgelegt.[253]

Venture Debt

Ziel der Bundesregierung ist, insbesondere Unternehmen in der Wachstumsphase Venture-Debt-Finanzierungen – also Kredite mit eigenkapitalnahen Elementen – zur Verfügung zu stellen.[254] Hierzu zählen Venture-Debt-Fondsfinanzierungen im Rahmen der ERP-Venture Capital-Fondsfinanzierung (vgl. dort) und der MDD-Finanzierung (vgl. dort). Neu eingeführt wurden 2018 die Nutzung der InnovFin MidCap-Garantie der EIB für das Programm KfW-Kredit für Wachstum. Beabsichtigt sind zudem Ko-Venture-Debt-Finanzierungen der KfW mit Privaten in Form kleinerer Einzelzusagevolumina und EIB-Venture-Debt-Deals, an denen sich die KfW in eigenem Ermessen beteiligt (EIB-Underwriting). Darüber hinaus ist die Schaffung eines neuen Segments im MDD geplant, mit dem die Fazilität größere Venture-Debt-Finanzierungen ermöglicht.

Herausforderungen für Start-ups

Start-ups stehen aufgrund ihrer geringen Größe und ihres Geschäftsmodells vor spezifischen Herausforderungen, die zum Teil durch rechtliche Rahmenbedingungen gesetzt bzw. beeinflusst werden.

Schwieriger Zugang zu FuE-Förderung

Start-ups entwickeln innovative Produkte und Geschäftsideen, die oft FuE-Aktivitäten erfordern. Die öffentliche Hand fördert FuE-Aktivitäten von Unternehmen, um Innovationen anzuregen.[255] Für Start-ups ist es jedoch häufig schwieriger als für etablierte Unternehmen, eine FuE-Förderung zu erhalten.

- Die Beantragung von Fördermitteln ist mit hohem administrativem Aufwand verbunden. Dies stellt gerade für Start-ups eine Hürde dar, da sie in der Antragstellung wenig Erfahrung haben. Problematisch ist auch, dass die Unternehmen verpflichtet sind, ihre Bonität für die Projektlaufzeit nachzuweisen.[256] Dies ist für Start-ups in der Regel schwierig. Die formalen Anforderungen für die Bonitätsprüfung und deren Auslegung sind je nach Fördermittelgeber bzw. Projektträger und teilweise auch Förderprogramm unterschiedlich.[257] Hieraus ergeben sich beträchtliche Unsicherheiten für Start-ups, die gegebenenfalls auf die Durchführung von Innovationsprojekten verzichten müssen.
- Nach wie vor gibt es in Deutschland keine steuerliche FuE-Förderung. Deren Einführung ist zwar noch in dieser Legislaturperiode vorgesehen (vgl. Kapitel A 1). Ob FuE-betreibende Start-ups von einer steuerlichen FuE-Förderung profitieren können, hängt jedoch von der genauen Ausgestaltung ab. Die Expertenkommission hat in ihrem Jahresgutachten 2017 Optionen für eine steuerliche FuE-Förderung aufgezeigt.[258] Start-ups haben in der Anfangsphase gar keine oder geringe Einnahmen und deshalb keine oder nur eine geringe Steuerschuld. Wird als Instrument eine Steuergutschrift gewählt, so ist deshalb für den Fall, dass diese die jeweilige Steuerschuld überschreitet, eine direkte Auszahlung des die Steuerschuld übersteigenden Betrags zu ermöglichen. Alternativ sollte ein Vortrag in Folgejahre möglich sein.

Hürden bei der Gewinnung von Fachkräften

Für die Umsetzung anspruchsvoller F&I-Vorhaben benötigen Start-ups qualifizierte und motivierte Fachkräfte. Start-ups ist es jedoch vor dem Hintergrund geringer Liquidität und geringer Umsätze i. d. R. nicht möglich, Fachkräften konkurrenzfähige Gehälter in der klassischen Form einer fixen monatlichen Vergütung zu zahlen.

- Mitarbeiterbeteiligungsprogramme sind ein Weg, um Fachkräfte zu gewinnen und an ein Start-up zu binden (vgl. Box B 1-10). Die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter machen im Vergleich zu alternativen Beschäftigungsmöglichkeiten Abstriche bei ihrer fixen Entlohnung, haben jedoch die Möglichkeit, am Erfolg des Start-ups zu partizipieren. Insbesondere Start-ups, in die Wagniskapital investiert wurde, nutzen Mitarbeiterbeteiligungsprogramme. Seitens der Start-ups bestehen jedoch häufig große rechtliche Unsicherheiten bezüglich der juristischen Auslegung konkreter Regelungen in den Mitarbeiterbeteiligungsprogrammen.[259]
- Die Akquise ausländischer Fachkräfte kann helfen, Personalengpässe zu überwinden und Kompetenzen für die Internationalisierung von Unternehmen aufzubauen. Gemäß Deutschem Startup Monitor (DSM) sind Start-ups im Hinblick auf ihre Beschäftigten sehr international aufgestellt.[260] In den Start-ups, die an der Befragung für den DSM 2017 teilnahmen, kamen 23 Prozent der Beschäftigten aus anderen EU-Ländern und 6 Prozent der Beschäftigten aus Nicht-EU-Ländern. In Berlin, Hamburg und München waren die Anteile mit über 20 Prozent der Beschäftigten aus Nicht-EU-Ländern besonders hoch.[261] Rund ein Drittel der am DSM 2017 teilnehmenden Start-ups erfährt die Neueinstellung ausländischer Beschäftigter als (eher oder sehr) schwierig.[262] Die Expertenkommission begrüßt die Vorbereitung eines Fachkräftezuwanderungsgesetzes für qualifizierte Arbeitskräfte aus Drittstaaten durch die Bundesregierung. Auch im Falle einer rechtlichen Neuregelung der Zuwanderung bleiben jedoch bürokratische Hürden zu überwinden. Diese Hürden belasten insbesondere Start-ups.

Box B 1-10

Mitarbeiterbeteiligungsprogramme

Bei Mitarbeiterbeteiligungsprogrammen kann man zwei Grundmodelle unterscheiden.[263] Bei Employee Stock Ownership Plans (ESOP) erhalten die begünstigten Beschäftigten reale Anteile am Unternehmen, bei Virtual Stock Option Plans (VSOP) sind es virtuelle Anteile. Bei der Übertragung realer Anteile im Rahmen eines ESOP ist die Beurkundung im Handelsregister notwendig. Die Beschäftigten erhalten die Stellung einer Gesellschafterin bzw. eines Gesellschafters und damit entsprechende Mitsprache- und Informationsrechte. Dies ist seitens der Gründerinnen und Gründer sowie der Wagniskapitalgeber aber möglicherweise nicht erwünscht. Für die Beschäftigten ergibt sich bei einem ESOP wiederum das Problem, dass das Finanzamt die Übertragung von Anteilen als Entlohnung ansieht und direkt besteuert, auch wenn noch keine Erlöse fließen. Bei virtuellen Anteilen im Rahmen eines VSOP handelt es sich nicht um eine echte gesellschaftsrechtliche Beteiligung, sondern um einen schuldrechtlichen Zahlungsanspruch, der keine Mitsprache- oder Informationsrechte nach sich zieht. Die Beschäftigten sind im Falle eines Exits erlösberechtigt. Die Besteuerung erfolgt erst, wenn Erlöse fließen, also bei einem Exit oder im Fall einer Gewinnausschüttung. In der Praxis haben sich vor allem VSOP durchgesetzt.[264]

Mitarbeiterbeteiligungsprogramme sollen der Bindung der Beschäftigten an das Unternehmen dienen. Vor diesem Hintergrund ist es nicht erwünscht, dass die Beschäftigten direkt nach Erhalt ihrer Anteile das Unternehmen verlassen. Deshalb enthalten Mitarbeiterbeteiligungsprogramme in der Regel die Elemente Vesting und Cliff. Vesting ist eine Vereinbarung, nach der Anteile ganz oder teilweise verfallen, wenn die Beschäftigten das Unternehmen vor einer festgelegten Beschäftigungsdauer verlassen. Bei Cliff handelt es sich um die Vereinbarung zur Beschäftigungsdauer, ab der das Vesting überhaupt erst startet.

Rechtliche Unsicherheiten in dynamischen Technologiebereichen

Derzeit sind die Geschäftsmodelle eines großen Teils der Start-ups internetbasiert.[265] Zunehmend sind Start-ups aber auch in anderen Technologiebereichen tätig. Im Rahmen des Global Startup Ecosystem Report 2018 wurden die Aktivitäten von Start-ups für verschiedene Technologiebereiche analysiert.[266] Die vier Technologiebereiche mit den aktuell höchsten Zuwachsraten bei Early Stage Deals, Exits und Gründungsraten sind „Advanced Manufacturing & Robotics", „Agtech & New Food", „Blockchain" sowie „Artificial Intelligence, Big Data & Analytics". In diesen Technologiebereichen sind weltweit insgesamt 8,4 Prozent der Start-ups aktiv.

Für deutsche Start-ups, die in den genannten Bereichen tätig sind und die technologische Entwicklung mit vorantreiben, gilt es, sich im globalen Wettbewerb zu behaupten. Ihre Erfolgschancen werden durch den deutschen bzw. europäischen Rechtsrahmen beeinflusst. Dies betrifft etwa Sicherheits- und Haftungsfragen beim Einsatz von KI-Anwendungen (vgl. Kapitel A 2), die Einsatzmöglichkeiten von Blockchain-Technologien in regulierten Märkten wie der Energiewirtschaft (vgl. Kapitel B 3) sowie den Schutz personen- und unternehmensbezogener Daten im Bereich Industrie 4.0.[267]

Erkenntnisse zur Wirkung alternativer Regulierungsansätze können durch die Einrichtung von Reallaboren gewonnen werden. Reallabore sind dadurch gekennzeichnet, dass innerhalb eines abgesteckten Rahmens Lösungswege für ein Problem getestet werden.[268] Dabei sollen Erfahrungen über komplexe soziale Dynamiken gesammelt und Entscheidungsgrundlagen etwa für die Gestaltung der rechtlichen Rahmenbedingungen gewonnen werden. Die Politik hat das Thema der Reallabore aufgegriffen. In der HTS 2025 und in der KI-Strategie wird das Instrument jeweils explizit angesprochen.[269] Es wurde eine interministerielle Arbeitsgruppe „Reallabore" eingerichtet, deren Auftaktsitzung am 27. November 2018 stattfand. Das BMBF fördert bereits eine Reihe von Reallaboren im Energiebereich.[270] Das BMWi hat am 14. Dezember eine Reallabore-Strategie vorgelegt.[271]

Handlungsempfehlungen

Start-ups nehmen im Innovationssystem eine wichtige Rolle ein. Sie sind nicht nur Anbieter innovativer Produkte, Prozesse und Geschäftsmodelle, sondern auch Impulsgeber und Kooperationspartner für Innovationen in etablierten Unternehmen.

Gründungen aus der Wissenschaft fördern

- Bei der Förderung der Gründungskultur an Hochschulen durch die EXIST-Programme des Bundes und Initiativen der Länder sind erste Erfolge erzielt worden. Die Gründungskultur an Hochschulen muss allerdings weiter gestärkt werden. Die Gründungsausbildung sollte in allen Studiengängen verankert werden.
- Bei der Fortschreibung des PFI sollten Gründungen aus der Wissenschaft als Transferkanal wieder bei den wissenschaftspolitischen Zielen thematisiert werden.
- Das Management von Technologietransferorganisationen sollte nicht allein an monetären Zielgrößen ausgerichtet werden, sondern die wirtschaftlichen und sozialen Auswirkungen des Transfers insgesamt im Blick haben. Selbst wenn durch Gründungen keine Lizenzeinnahmen erzielt werden können, wird doch ein gesellschaftlicher Mehrwert geschaffen, der heutzutage zu wenig Berücksichtigung findet.
- Hochschulen und AUF sollten zur Rechteübertragung an ausgegründete Start-ups Standard-Lizenz-Verträge entwickeln, um Unsicherheiten zu reduzieren und Gründerinnen und Gründern eine zügige Lizenzierung zu ermöglichen. Express-License-Contracts, wie sie von einigen US-amerikanischen Technologietransferorganisationen optional bereitgestellt werden, könnten als Beispiele guter Praxis herangezogen werden.
- Damit Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler bei der akademischen und kommerziellen Verwertung von Forschungsergebnissen nicht in einen Zielkonflikt geraten, sollte eine Neuheitsschonfrist im Patentrecht eingeführt werden.[272]

Start-up-Ökosysteme und Kooperationen stärken

- Start-ups, insbesondere aus dem Hochtechnologiesektor, profitieren von räumlich konzentrierten Ökosystemen, in denen sie in unmittelbarer Nachbarschaft von Forschungseinrichtungen, Investoren, etablierten Unternehmen und anderen Start-ups angesiedelt sind. Die regionale Konzentration von Innovationsakteuren ist deshalb kein Malus, sondern ein Kennzeichen eines erfolgreichen Innovationssystems. Um weltweit sichtbare Start-up-Ökosysteme gerade in den neuesten Technologien zu fördern, gilt es daher, dieser räumlichen Konzentration nicht entgegenzuwirken, sondern bereits bestehende oder sich herausbildende Start-up-Ökoysteme auszubauen.
- Um Unternehmen außerhalb dieser Ökosysteme Kooperationsmöglichkeiten und Zugang zu dort generiertem Wissen und Technologien zu geben, können u.a. internetbasierte Ansätze, z.B. Kooperationsplattformen, zum Einsatz kommen. Die Bundesregierung sollte deshalb den Aufbau zentraler Plattformen zur Erleichterung der Initiierung von Geschäfts- und Kooperationsbeziehungen unterstützen. Als Vorbild kann die israelische Online-Plattform Start-Up Nation Central dienen.
- Daneben ist die Förderung von individuellen Start-ups auch außerhalb der räumlich konzentrierten Start-up-Ökosysteme sinnvoll, um Innovationspotenziale in der Fläche zu heben und die positiven Effekte von Start-ups für etablierte Unternehmen außerhalb dieser Zentren zu nutzen.

Rahmenbedingungen für private Investitionen in Start-ups weiter verbessern

- Da es in Deutschland an Ankerinvestoren mangelt, spricht sich die Expertenkommission dafür aus, Anreize für institutionelle Anleger zu setzen, stärker in Wagniskapital zu investieren. Die Expertenkommission empfiehlt der Bundesregierung, im Rahmen ihres Dialogs mit der Versicherungswirtschaft zu prüfen, inwieweit das dänische Modell Dansk Vækstkapital auf Deutschland übertragbar ist.
- Die steuerrechtlichen Rahmenbedingungen für Wagniskapitalfonds sind weiter zu verbessern. Die Umsatzsteuerpflicht für Verwaltungsleistungen von Fondsmanagerinnen und -managern sollte aufgehoben werden.

Zugangsmöglichkeiten zu FuE-Förderung für Start-ups erweitern

- Die Teilnahmemöglichkeiten von Start-ups an der Projektförderung sollten weiter ausgebaut werden. Die formalen Anforderungen an die Bonitätsprüfungen von Start-ups sollten großzügig gestaltet und Unsicherheiten bei deren Auslegung ausgeräumt werden.
- Bei der Einführung der steuerlichen FuE-Förderung sind Belange von Start-ups besonders zu berücksichtigen. Wird die steuerliche FuE-Förderung als Steuergutschrift ausgestaltet, so ist für den Fall, dass diese die jeweilige Steuerschuld überschreitet, eine direkte Auszahlung des die Steuerschuld übersteigenden Betrags zu ermöglichen. Alternativ sollte es möglich sein, einen Vortrag in Folgejahre vorzunehmen.

Gewinnung von Fachkräften für Start-ups erleichtern

- Mitarbeiterbeteiligungsprogramme sind ein wichtiges Instrument, um Fachkräfte zu gewinnen und längerfristig an ein Start-up zu binden. Die juristische und insbesondere steuerrechtliche Auslegung der dafür notwendigen Vertragswerke ist für die Start-ups und deren Investoren jedoch häufig mit großen rechtlichen Unsicherheiten verbunden. Um die Rechtssicherheit für Start-ups bei der Einführung von Mitarbeiterbeteiligungsprogrammen zu erhöhen, sollten Start-up-nahe Verbände in Abstimmung mit den Bundesbehörden gemeinsam möglichst rechtssichere Standardverträge für Mitarbeiterbeteiligungsprogramme entwickeln.[273]
- Start-ups beschäftigen vielfach ausländische Fachkräfte, stehen jedoch bei der Einstellung von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern aus Drittstaaten vor bürokratischen Hürden. Start-ups sollten dabei unterstützt werden, diese Hürden zu überwinden.

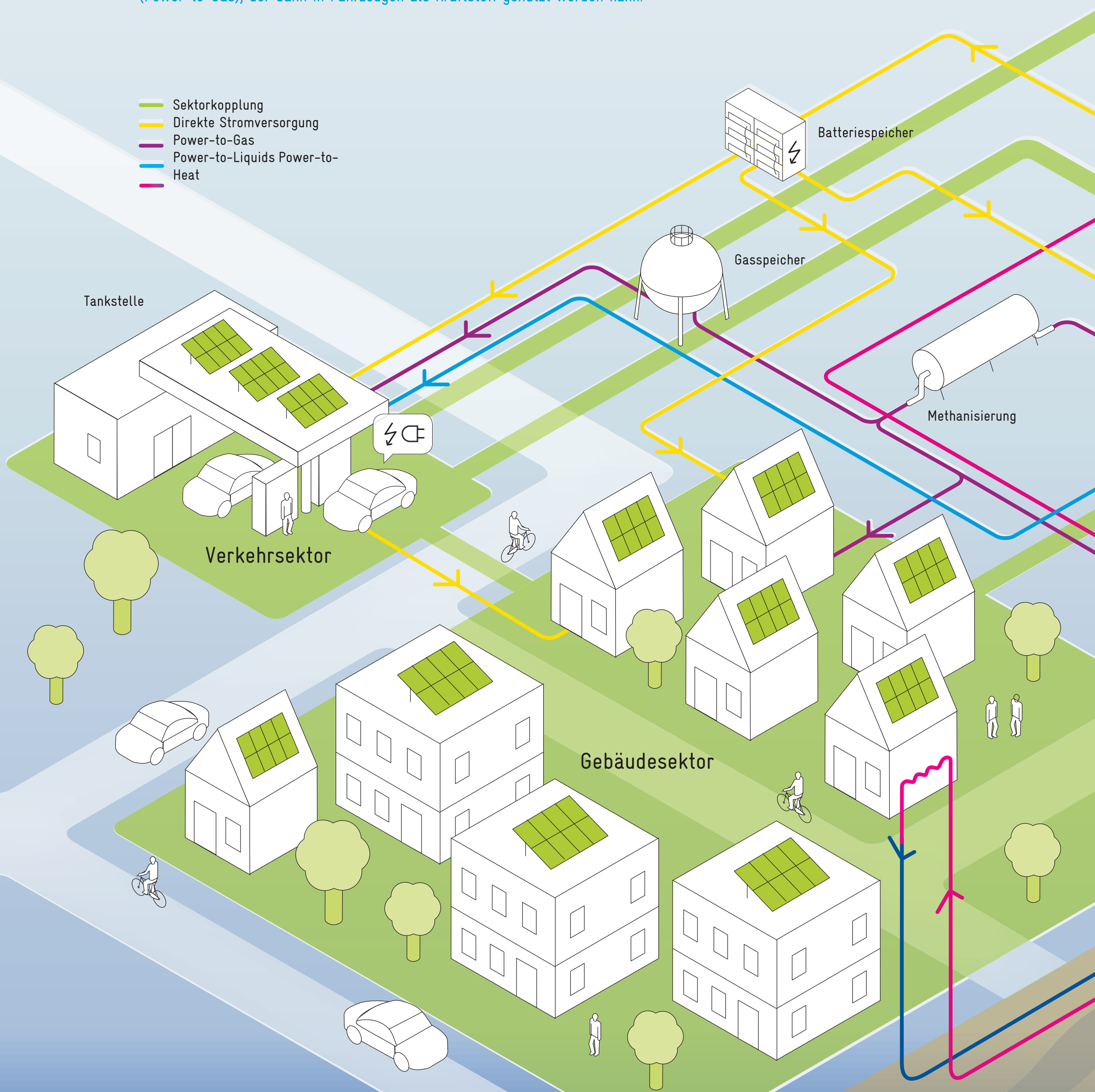
Regulierung in dynamischen Technologiebereichen anpassen

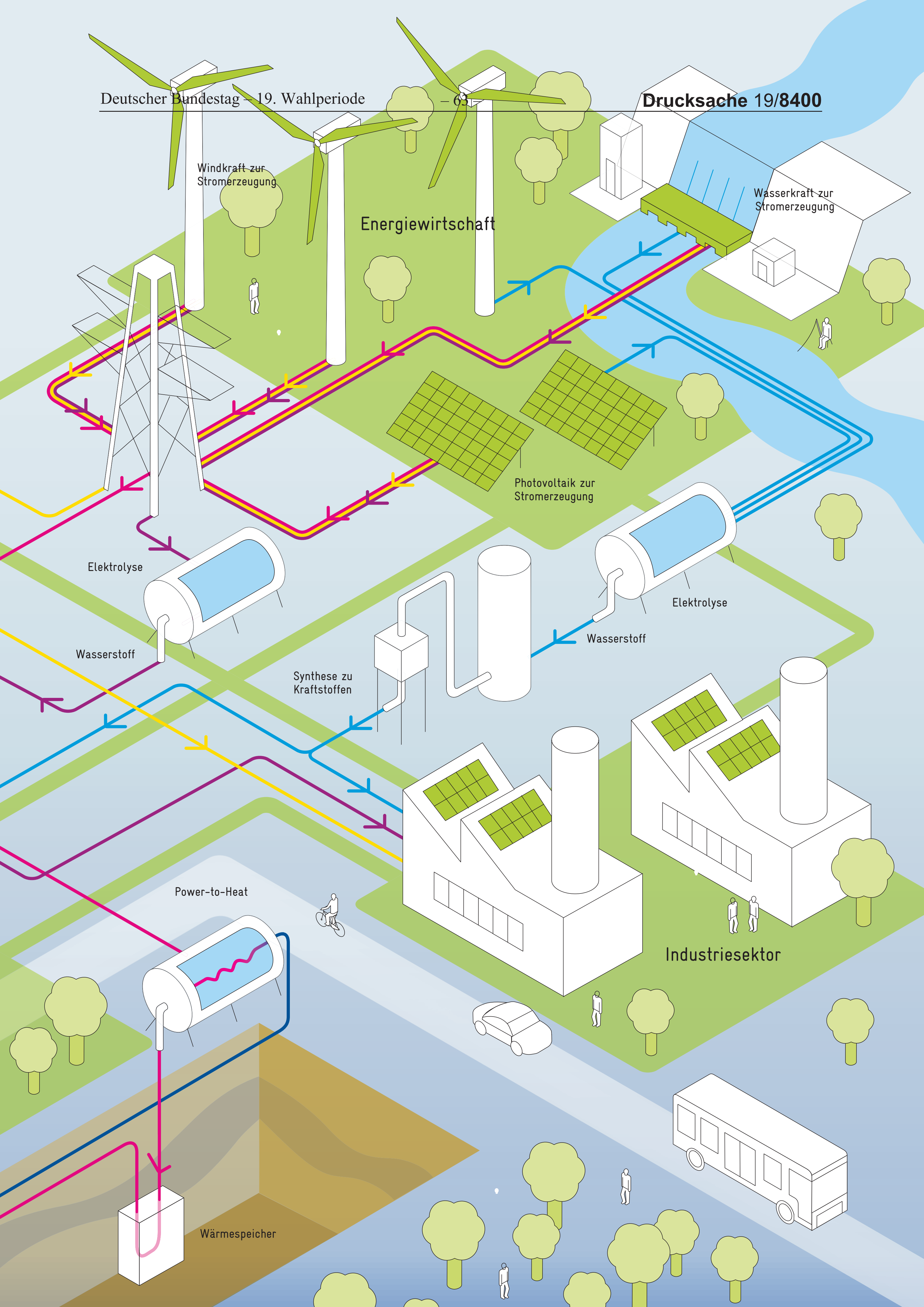
- Die Bundesregierung sollte in dynamischen Technologiebereichen – wie Blockchain oder KI – proaktiv einen verlässlichen Rechtsrahmen etablieren, um Unsicherheiten für Start-ups zu reduzieren.

- Zur Entwicklung innovationsfreundlicher Rahmenbedingungen stellen Reallabore als regulatorische Experimentierräume ein probates Mittel dar. Die Expertenkommission begrüßt es deshalb ausdrücklich, dass die Bundesregierung plant, verstärkt Reallabore einzusetzen. Es gilt nun, rasch geeignete Anwendungsfelder zu identifizieren.

B 2 Innovationen für die Energiewende

Die Sektorkopplung spielt für die Energiewende eine Schüsselrolle. Sie basiert auf direkter und indirekter Elektrifizierung. Bei der direkten Elektrifizierung werden fossile Energieträger direkt durch Strom ersetzt, etwa durch die Nutzung von Elektroautos an Stelle der Nutzung von Fahrzeugen mit Verbrennungsmotor. Indirekte Elektrifizierung erfolgt, wenn Strom in einen anderen Energieträger umgewandelt wird. Durch Elektrolyse kann beispielsweise unter Einsatz von Strom Wasserstoff bzw. Methan hergestellt werden (Power-to-Gas), der dann in Fahrzeugen als Kraftstoff genutzt werden kann.




Windkraft zur Stromerzeugung
Energiewirtschaft
Wasserkraft zur Stromerzeugung
Photovoltaik zur Stromerzeugung
Elektrolyse
Elektrolyse
Wasserstoff
Wasserstoff
Synthese zu Kraftstoffen
Power-to-Heat
Industriesektor
Wärmespeicher

B 2 Innovationen für die Energiewende

B 2-1 Ambitionierte Ziele der Bundesregierung bei Treibhausgasemissionen

Deutschland hat sich 2015 bei der 21. UN-Klimakonferenz in Paris dem Ziel der Völkergemeinschaft angeschlossen, die Klimaerwärmung auf unter 2 Grad Celsius zu begrenzen. Dadurch soll das Risiko drastischer Schäden durch den Klimawandel eingedämmt werden. Als Konsequenz aus dem Pariser Klimaschutzabkommen muss das Energiesystem in Deutschland bis 2050 weitgehend treibhausgasneutral werden.

Die deutsche Bundesregierung hatte schon im Jahr 2010 beschlossen, die Treibhausgasemissionen[274] (THG-Emissionen) bis zum Jahr 2050 im Vergleich zum Referenzjahr 1990 um 80 bis 95 Prozent zu senken. Ende 2016 wurde der Klimaschutzplan 2050 verabschiedet, der für verschiedene Sektoren der deutschen Volkswirtschaft spezifische THG-Minderungsziele vorgibt.[275] Abbildung B 2-1 stellt die THG-Emissionen Deutschlands aufgeschlüsselt nach Sektoren[276] für das Referenzjahr 1990 und für das Jahr 2017 in Millionen Tonnen CO_2-Äquivalenten dar. Ergänzt werden diese Angaben durch die THG-Minderungsziele der Bundesregierung für die Jahre 2020, 2030 und 2050.[277]

Das Zwischenziel, die THG-Emissionen bis 2020 um mindestens 40 Prozent gegenüber 1990 zu senken, wird aller Voraussicht nach verfehlt.[278] Um das Reduktionsziel für 2030 zu erreichen, müssten die THG-Emissionen um mindestens 55 Prozent niedriger ausfallen als 1990.[279] Dieses Ziel kann nur erreicht werden, wenn die jährlichen Reduktionen der THG-Emissionen im Zeitraum von 2017 bis 2030 etwa vier Mal höher ausfallen als die jährlichen Reduktionen der vergangenen zehn Jahre.

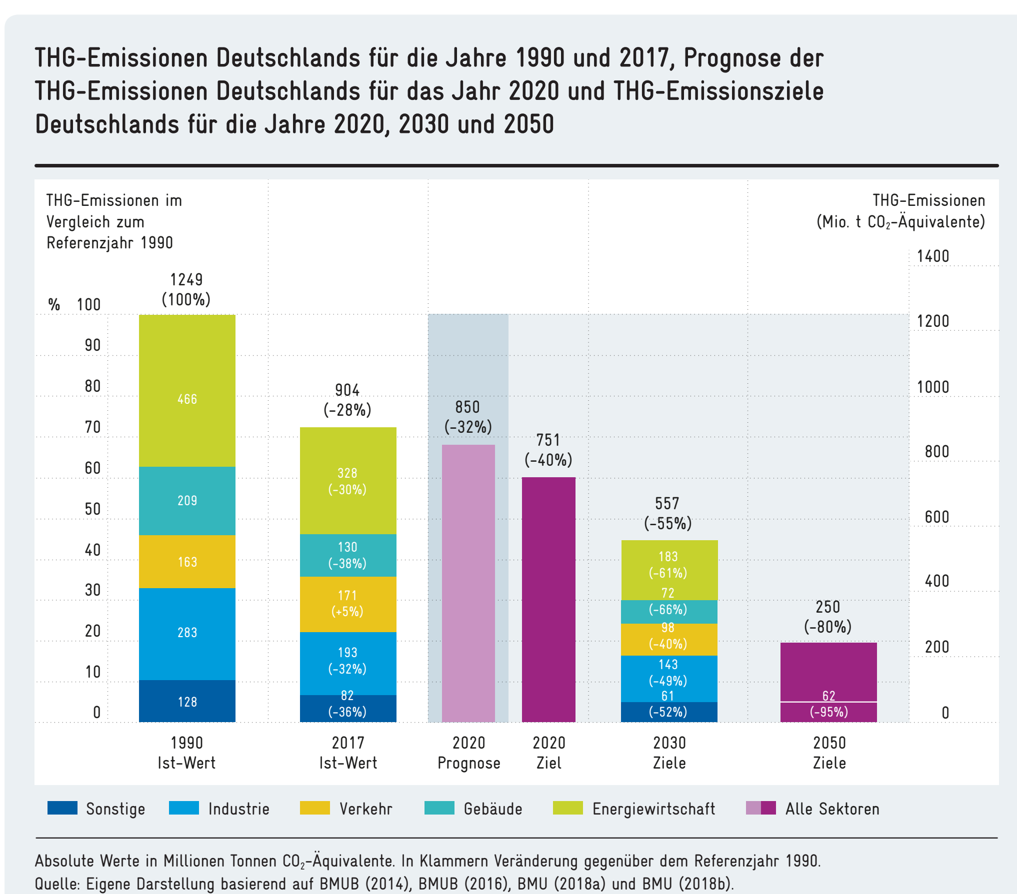
Die von der Bundesregierung avisierten drastischen Verringerungen der THG-Emissionen sollen mit einer Energiewende von fossilen Energieträgern zu THG-neutralen erneuerbaren Energieträgern erreicht werden; dabei müssen allerdings Versorgungssicherheit und Bezahlbarkeit von Energie gewährleistet bleiben.[280]

Die hohe staatliche finanzielle Förderung der erneuerbaren Energien (EE) zur Stromerzeugung[281] hat über das letzte Jahrzehnt dazu geführt, dass inzwischen mehr als ein Drittel des Stromverbrauchs aus EE-Quellen gedeckt wird.[282] Die Energiewirtschaft ist allerdings nur für etwas mehr als ein Drittel der klimaschädlichen THG-Emissionen in Deutschland verantwortlich. Es ist offensichtlich, dass neben dem weiteren Ersatz fossiler Stromerzeugung durch EE-Strom[283] ein großer Handlungsbedarf bei der Reduktion von THG-Emissionen in weiteren Sektoren besteht, insbesondere bei Gebäuden, Verkehr und Industrie.[284] Dabei spielt die Nutzung von EE-Strom über alle Sektoren hinweg eine Schlüsselrolle – die sogenannte Sektorkopplung.

Die Sektorkopplung basiert auf direkter und indirekter Elektrifizierung. Bei der direkten Elektrifizierung werden fossile Energieträger direkt durch Strom ersetzt. Ein Beispiel hierfür ist der Tausch einer Ölheizung gegen eine elektrisch betriebene Wärmepumpe (Power-to-Heat) oder der Einsatz von Elektromotoren im Verkehr (Power-to-Mobility) anstelle von Otto- bzw. Dieselmotoren.[285] Indirekte Elektrifizierung erfolgt, wenn Strom in einen anderen Energieträger umgewandelt wird. Durch Elektrolyse kann beispielsweise unter Einsatz von Strom Wasserstoff bzw. Methan hergestellt werden (Power-to-Gas), die dann in Fahrzeugen als Kraftstoff genutzt werden können. Direkte und indirekte Elektrifizierung tragen zur Reduktion der THG-Emissionen bei, wenn der genutzte Strom aus THG-neutralen, regenerativen Quellen wie z. B. Wind- oder Sonnenenergie stammt.

Die Energiewende kann aber nicht nur auf den weiteren Ausbau der Erzeugung von EE-Strom zur Elektrifizierung des Energiesystems beschränkt bleiben.





THG-Emissionen Deutschlands für die Jahre 1990 und 2017, Prognose der THG-Emissionen Deutschlands für das Jahr 2020 und THG-Emissionsziele Deutschlands für die Jahre 2020, 2030 und 2050

Absolute Werte in Millionen Tonnen CO_2-Äquivalente. In Klammern Veränderung gegenüber dem Referenzjahr 1990.
Quelle: Eigene Darstellung basierend auf BMUB (2014), BMUB (2016), BMU (2018a) und BMU (2018b).

Dies lässt sich anhand einer einfachen Rechnung verdeutlichen: Im Jahr 2017 belief sich der Endenergieverbrauch in Deutschland auf 2.591 TWh.[286] Wollte man auch nur den Endenergieverbrauch von 2017 allein über EE-Strom decken, wäre hierfür in Deutschland eine EE-Kapazität von mehr als 1.400 GW erforderlich.[287] Ende 2017 waren allerdings nach langjähriger öffentlicher EE-Förderung[288] gerade einmal 112 GW installiert.[289] Für den notwendigen Ausbau auf 1.400 GW wird nicht nur die Zeit knapp – es fehlt schlichtweg an den erforderlichen Ausbauflächen für Wind- und Solaranlagen. So gehen Fachleute davon aus, dass der Ausbau von EE aus Platzgründen 500 GW nicht überschreiten wird.[290] Auch für ein Ausbauziel von 500 GW müssten bis zum Jahr 2050 jährlich 12 GW hinzugebaut werden, während sich der Ausbau von EE im Zeitraum 2007 bis 2017 jährlich im Durchschnitt gerade einmal auf 7,3 GW belief.[291] Damit wird klar: Selbst mit einem optimistisch gerechneten EE-Ausbau können die Emissionsreduktionsziele nicht allein hierdurch erreicht werden. Der EE-Ausbau muss mit massiven Energieeinsparungen und Verbesserungen der Energieeffizienz kombiniert werden.

Innovative Technologien und Geschäftsmodelle können helfen, die kostengünstige Erzeugung von EE-Strom und dessen sektorübergreifenden Einsatz zu forcieren und kostengünstige Potenziale für Energieeinsparungen sowie für Verbesserungen der Energieeffizienz zu erschließen. Vor diesem Hintergrund werden in diesem Kapitel drei zentrale Fragestellungen analysiert:

i. Welche innovativen Technologien und Geschäftsmodelle sind für die Energiewende in den jeweiligen Sektoren von Bedeutung?
ii. Welche Innovationshemmnisse gibt es in den jeweiligen Sektoren?
iii. Welche Reformoptionen stehen der Politik zur Verfügung?

Zur Beantwortung wird auf eine Befragung von Fachleuten zurückgegriffen (vgl. Box B 2-3). Die Auswertung der Befragung zeigt, dass wichtige innovative Technologien und Geschäftsmodelle grundsätzlich verfügbar sind. Ihre Diffusion im Markt wird aber durch Marktexternalitäten, regulatorische Vorgaben und Lock-in-Effekte gehemmt. Box B 2-2 stellt die im Kontext der Energiewende wichtigsten Externalitäten – THG-Externalitäten und Netzwerkexternalitäten – dar.[292] Darüber hinaus haben bestehende regulatorische Vorgaben oft maßgeblichen Einfluss darauf, welche Technologien und Geschäftsmodelle im Markt Anwendung finden. Außerdem gibt es oft hohe Kosten für den Wechsel zu neuen Technologien, was dazu führen kann, dass sich nicht die langfristig kostengünstigste Technologie durchsetzt (Lock-in-Effekt). Für die Energiewende können hieraus Hürden für die Nutzung innovativer klimafreundlicher Technologien und Geschäftsmodelle resultieren.

Nachfolgend werden die vier zentralen Sektoren der Energiewende – Energiewirtschaft, Gebäude, Verkehr und Industrie – näher untersucht. Für jeden Sektor werden nach einer Darstellung der Ausgangssituation i) die zentralen Technologien und Geschäftsmodelle, ii) Hemmnisse und iii) Reformoptionen diskutiert.

Box B 2-2

Marktexternalitäten im Kontext der Energiewende

Externalitäten werden allgemein definiert als Auswirkungen wirtschaftlicher Aktivitäten auf Dritte, für die keine Kompensation geleistet wird.[293]

THG-Externalitäten:
Bei der Verbrennung von Öl, Kohle und Gas werden THG emittiert. Diese Emissionen verstärken den natürlichen Treibhauseffekt und führen zu einer Erderwärmung bzw. zu Klimawandel. Als Folge kommt es u.a. zu einem Anstieg des Meeresspiegels und zu einer Häufung von extremen Wetterereignissen. Von den negativen Auswirkungen des Klimawandels wie Überschwemmungen oder Dürren sind weltweit viele Menschen betroffen. Diese Schäden werden von den THG-Emittenten nicht berücksichtigt, sofern sie nicht dafür bezahlen müssen – in diesem Fall werden mehr THG emittiert, als gesellschaftlich wünschenswert ist. Eine Bepreisung von THG-Emissionen[294] in Höhe der Klimaschäden dieser THG-Emissionen würde sicherstellen, dass jede bzw. jeder Einzelne die von ihm verursachten Klimaschäden berücksichtigt. Damit wären die negativen THG-Externalitäten internalisiert. Dies könnte z. B. durch eine Besteuerung der Energieträger gemäß ihres THG-Gehalts erreicht werden.[295] Vom Umweltbundesamt werden die gesellschaftlichen Kosten der THG-Externalitäten mit 180 Euro je Tonne CO_2 angegeben.[296]

Die aktuellen Steuern und Abgaben auf Energieträger wie Strom, Kohle, Öl oder Gas orientieren sich in ihrer Höhe bisher nicht an der Höhe ihrer jeweiligen negativen THG-Externalitäten – Energieträger mit hohen THG-Emissionen sind vergleichsweise zu billig. Hieraus entsteht insbesondere ein Wettbewerbsnachteil für die Nutzung klimafreundlicher Technologien auf Basis von EE-Strom wie Elektrofahrzeugen oder Wärmepumpen. Damit wird der Einsatz von EE-Strom in den Sektoren Verkehr und Gebäude erschwert und somit die Sektorkopplung als Kernelement der Energiewende behindert.

Netzwerkexternalitäten:
Die Attraktivität der Nutzung einer Technologie kann davon abhängen, wie viele andere Akteure diese Technologie bereits nutzen.[297] In diesem Fall spricht man von einer Netzwerkexternalität. Die Wirtschaftlichkeit des Ausbaus von Infrastrukturen für die Nutzung von Technologien hängt von einer kritischen Masse an Nutzerinnen und Nutzern ab. So wird z. B. die Marktdiffusion von Elektro- oder Wasserstofffahrzeugen durch den Mangel an flächendeckender Lade- oder Tankinfrastruktur gehemmt. Im Gegensatz dazu verfügen bestehende Technologien (Verbrennungsmotoren auf Basis fossiler Kraftstoffe) bereits über die nötige Tankinfrastruktur. Dies begünstigt die Nutzung der bestehenden Technologie und erschwert den Wechsel zu neuen alternativen Antriebstechnologien – ein sogenannter Lock-in-Effekt.

Box B 2-3

Expertenbefragung zu Technologien für die Energiewende

Im Auftrag der Expertenkommission wurden ausgewiesene Expertinnen und Experten der Energiebranche zu Technologien für die Energiewende befragt. Sie gaben Einschätzungen zum Reifegrad der Technologien und zu ihrer Bedeutung für die Energiewende ab. Die Befragung umfasste die Sektoren Energiewirtschaft, Industrie, Verkehr und Gebäude. Die Fachleute beurteilten die Bedeutung der Technologien und deren Reifegrad jeweils auf Basis einer vierstufigen Skala, unter der Prämisse, dass eine vollständige Dekarbonisierung des deutschen Energiesystems bis 2050 erreicht werden soll. Daneben konnten die Expertinnen und Experten zusätzliche Technologien und Geschäftsmodelle anführen, die sie als wichtig für die Energiewende erachteten, die aber bisher nicht im Fragebogen aufgenommen worden waren.

Insgesamt nahmen 36 Expertinnen und Experten an der Befragung teil, was einer Rücklaufquote von etwa 50 Prozent entspricht.

In der Analyse wird einer Technologie ein hoher Reifegrad attestiert, wenn die Expertinnen und Experten dieser im Durchschnitt einen der zwei höchsten Reifegrade zuwiesen. Eine hohe Bedeutung für die Energiewende wird einer Technologie attestiert, wenn mindestens 70 Prozent der Expertinnen und Experten diese Technologie als wichtig oder sehr wichtig für die Energiewende erachteten.[298]

B 2-2 Energiewirtschaft

Ausgangssituation

In der Energiewirtschaft konnten die THG-Emissionen im Vergleich zu 1990 bisher um etwa 30 Prozent reduziert werden (vgl. Abbildung B 2-1). Damit ist aber bisher nur die Hälfte des Sektorziels für 2030 erreicht, das eine Reduktion um 61 Prozent vorsieht. Um das Sektorziel zu erreichen, muss die Stromerzeugung aus EE massiv ausgebaut werden. Kraftwerke auf Basis fossiler Energieträger sowie die durch den Atomausstieg wegfallenden Kernkraftwerke müssen ersetzt werden.[299] Diese Umstellung stellt die Energiewirtschaft wegen der Volatilität und Dezentralität der EE-Stromerzeugung vor große Herausforderungen.

Die Energiewirtschaft war lange Zeit von gut steuerbarer, weitgehend zentraler Stromerzeugung auf Basis fossiler Energieträger und Kernenergie geprägt. Auch die Standortwahl von Kraftwerken in der Nähe von großen Verbrauchszentren und damit der Netzausbau ließen sich vergleichsweise leicht koordinieren. Der massive Ausbau der EE führt zu einer wetterabhängigen Stromerzeugung, die räumlich und zeitlich deutlich differenzierter ist, sich kaum steuern lässt und auf viele dezentrale Anlagen verteilt ist.

Die Zunahme der räumlich und zeitlich fluktuierenden Stromerzeugung aus dezentralen EE-Anlagen erfordert einen massiven Ausbau des Stromnetzes auf allen Spannungsebenen.[300] Mit dem Ausbau des Stromnetzes kommt auch dem effizienten Netzmanagement eine wachsende Bedeutung zu – hierfür spielt die Digitalisierung der Energiewirtschaft eine Schlüsselrolle.[301]

Ein immer höherer Anteil an EE-Strom in Kombination mit einer fortschreitenden direkten und indirekten Elektrifizierung des gesamten Energiesystems führt auch zu neuen Herausforderungen für die Versorgungssicherheit. Erzeugung und Nachfrage von Strom müssen dafür jederzeit deckungsgleich sein. Als Folge werden Flexibilitätsoptionen benötigt, die für eine kurze Zeit Spitzen in Erzeugung oder Verbrauch abfedern können. Hierzu gehören Speicher und die Umwandlung von Strom in andere Energieträger wie Gas, Flüssigkeiten oder auch Wärme (Power-to-X). Darüber hinaus muss sichergestellt werden, dass auch längere Phasen mit geringerer Stromerzeugung, sogenannte Dunkelflauten, überbrückt werden können. Hierfür werden ausreichende Reservekapazitäten benötigt. Die Anforderungen an die Versorgungssicherheit werden in Zukunft mit der zunehmenden Elektrifizierung weiterer Sektoren wie der Mobilität oder der Wärmeerzeugung an Bedeutung gewinnen.

Der Kapazitätsausbau bei Strom aus EE muss somit von einem weiteren Ausbau der Stromnetze und der Nutzung innovativer Flexibilitätsoptionen und innovativer Sektorkopplungstechnologien begleitet werden. Flexibilitätsoptionen und Sektorkopplungstechnologien können entscheidend zur Wirtschaftlichkeit der Energiewende bei Aufrechterhaltung eines sehr hohen Grades an Versorgungssicherheit beitragen.

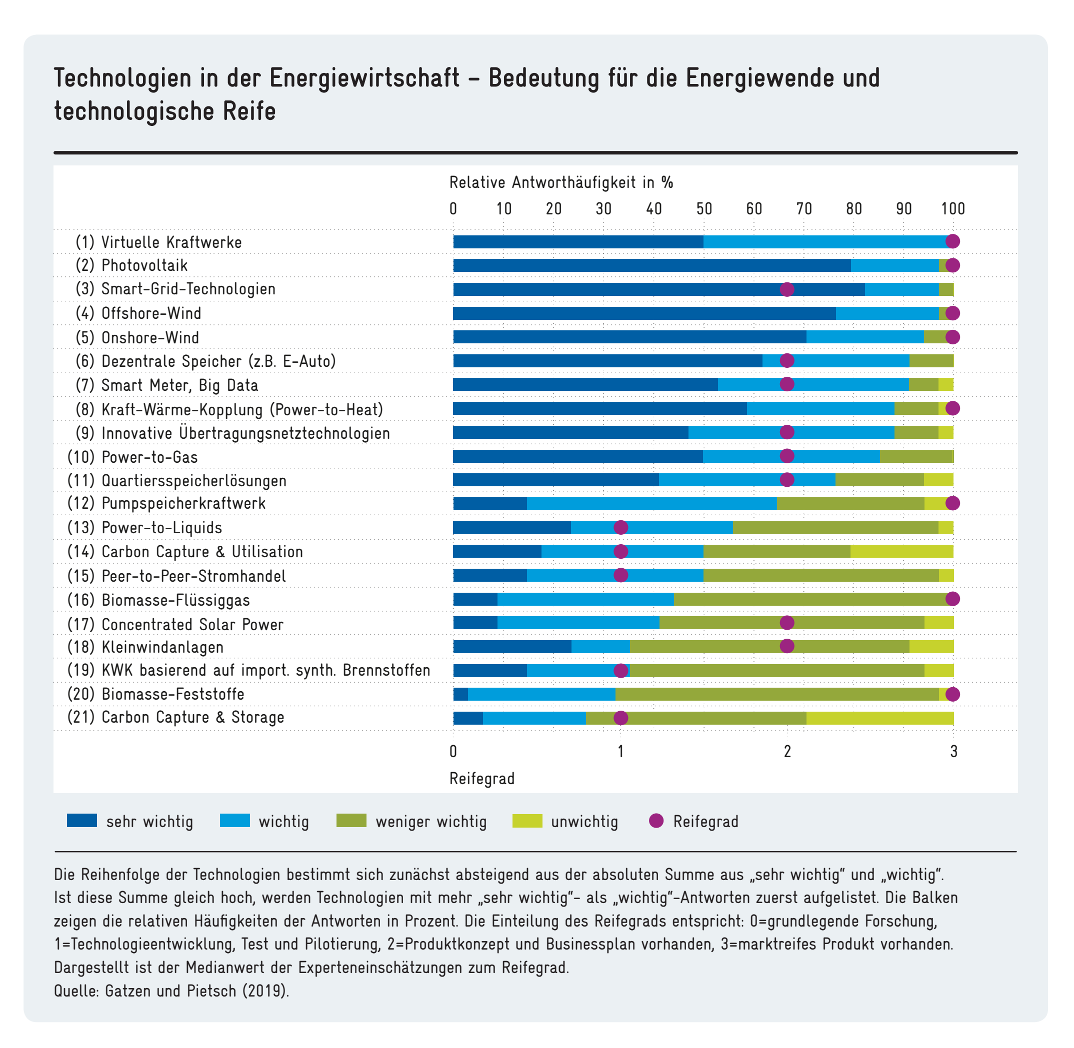


Abb B 2-4

Technologien in der Energiewirtschaft – Bedeutung für die Energiewende und technologische Reife

Die Reihenfolge der Technologien bestimmt sich zunächst absteigend aus der absoluten Summe aus „sehr wichtig" und „wichtig". Ist diese Summe gleich hoch, werden Technologien mit mehr „sehr wichtig"- als „wichtig"-Antworten zuerst aufgelistet. Die Balken zeigen die relativen Häufigkeiten der Antworten in Prozent. Die Einteilung des Reifegrads entspricht: 0=grundlegende Forschung, 1=Technologieentwicklung, Test und Pilotierung, 2=Produktkonzept und Businessplan vorhanden, 3=marktreifes Produkt vorhanden. Dargestellt ist der Medianwert der Experteneinschätzungen zum Reifegrad.
Quelle: Gatzen und Pietsch (2019).

Wichtige Technologien und Geschäftsmodelle für die Energiewende

Abbildung B 2-4 gibt die Einschätzung der befragten Fachleute zur Bedeutung von Technologien in der Energiewirtschaft für die Energiewende und ihrer technologischen Reife wieder (vgl. Box B 2-3). Als bedeutend erachten die Fachleute in absteigender Reihenfolge die Technologien virtuelle Kraftwerke (1), Photovoltaik (2), Smart-Grid-Technologien (3), Off- und Onshore-Wind (4 und 5), dezentrale Speicher (6), Smart Meter und Big Data (7), Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) (8), innovative Übertragungsnetztechnologien (9), Power-to-Gas (10) und Quartiersspeicherlösungen (11). Für diese Technologien sind nach Angaben der meisten Fachleute zumindest Produktkonzepte oder aber bereits marktreife Produkte vorhanden. Bei Smart-Grid-Technologien (3), dezentralen Speichern (6), Smart Meter- und Big-Data-Anwendungen (7), innovativen Übertragungsnetztechnologien (9), Power-to-Gas (11) und Quartiersspeicherlösungen (11) sieht eine Mehrheit der Fachleute allerdings noch keine marktreifen Produkte.[302]

Eine wichtige Funktion für den Erfolg der Energiewende wird – neben den Erzeugungstechnologien Photovoltaik (2) und Wind (4 und 5) – mit virtuellen Kraftwerken (1), Smart-Grid-Technologien (3), Smart Metern (7) und innovativen Übertragungstechnologien (9) insbesondere (intelligenten) digitalen Technologien zur Steuerung von Stromnetzen, Stromerzeugung und Stromverbrauch zugewiesen.

Es wird deutlich, dass die Digitalisierung der Energiewirtschaft eine wichtige Voraussetzung für die (verstärkte) Nutzung bzw. Umsetzung innovativer Technologien und Geschäftsmodelle ist. So lassen

Box B 2-5

Das Europäische Emissionshandelssystem

Das European Union Emissions Trading System (EU ETS) ist das zentrale europäische Klimaschutzinstrument und wurde im Jahr 2005 von der EU eingeführt. Neben den 28 EU-Mitgliedsstaaten nehmen auch Norwegen, Island und Liechtenstein am Emissionshandel teil. Beim EU ETS handelt es sich um ein sogenanntes Cap & Trade Regime, das eine Emissionsobergrenze für die Energiewirtschaft und die energieintensiven Industrien festlegt.[303] Hierzu gehören europaweit rund 12.000 Anlagen, die zusammen rund 45 Prozent der THG-Emissionen in Europa verursachen.

Innerhalb der gesetzten Emissionsobergrenzen erhalten oder erwerben erfasste Unternehmen Emissionszertifikate, mit denen sie nach Bedarf handeln können. Der Handel mit den Zertifikaten ermöglicht, dass Emissionen dort verringert werden, wo dies im EU ETS die geringsten Kosten verursacht.

Der Zertifikatepreis beträgt derzeit rund 20 Euro je Tonne CO_2, nachdem er vorher lange Zeit bei deutlich unter zehn Euro je Tonne CO_2 gelegen hatte. Das bisher eher niedrige Preisniveau im EU ETS ist auf verschiedene Faktoren zurückzuführen – u.a. auf die hohe Anfangsausstattung des EU ETS mit Emissionsrechten, eine verringerte Wirtschaftsaktivität als Folge der Wirtschaftskrise von 2008 und die Subventionierung von EE zur Stromerzeugung.

Mit der jüngsten Reform des EU ETS werden die erlaubten Mengen jedoch deutlich reduziert und Überschusszertifikate aus dem Markt genommen.[304] Nach dieser Reform stiegen die Zertifikatspreise an. Sie liegen aber immer noch deutlich unter den vom Umweltbundesamt angegebenen gesellschaftlichen Kosten von 180 Euro je Tonne CO_2.

Box B 2-6

Geschäftsmodell im Bereich Verteilnetz-Monitoring

Kurzbeschreibung
Die Gridhound Unternehmergesellschaft wurde 2015 gegründet. Gridhound nutzt maschinelles Lernen zum Monitoring des Mittel- und Niederspannungsnetzes in Echtzeit. Damit können Verteilnetzbetreiber problematische Netzzustände frühzeitig erkennen und dadurch den Netzbetrieb optimieren.

Leistungsangebot und Geschäftsmodell
Über eine Sensitivitätsanalyse werden die optimalen Punkte zum Einbau von Messtechnik im Feld bestimmt. Darauf aufbauend liefern eine Netzzustandsabschätzung und ein Echtzeit-Monitoring der Mittel- und Niederspannungsnetze Netzdaten wie beispielsweise eine Vorhersage des Netzzustands. Die dabei eingesetzte Software basiert auf einem maschinellen Lernverfahren.

Pilotprojekte zur Bestimmung der optimalen Messpunkte im Feld sowie Analysen kleinerer Netzgebiete werden projektorientiert angeboten. Die Netzzustandsabschätzung und das Echtzeit-Monitoring werden als Software-as-a-Service angeboten und können bei Bedarf leistungsbezogen abgerechnet werden.

Relevanz für das Energiesystem
In Deutschland gibt es über 800 Verteilnetzbetreiber. Im Jahr 2016 beliefen sich die jährlichen Entschädigungszahlungen der Verteilernetzbetreiber für Ausfallarbeit auf über 370 Millionen Euro. Mit einem dynamischen Einspeisemanagement könnten die Entschädigungskosten reduziert werden, wodurch der Strompreis für die Endkundinnen und Endkunden sinken würde.

Regulatorische Hemmnisse
Aktuell werden Investitionsausgaben für Hardware, beispielsweise Netzleitungen, gegenüber Investitionen in Digitallösungen, beispielsweise Echtzeitmonitoring, durch die Regulierung finanziell bevorzugt.[305]

sich im Rahmen der Digitalisierung beispielsweise detaillierte Verbrauchsdaten erheben und dazu nutzen, Einsparpotenziale zu identifizieren oder den Stromverbrauch zu steuern bzw. zu flexibilisieren. Unternehmen können Smart-Grid-Technologien (3) einsetzen, um Netzbetreibern ein Echtzeitmonitoring der Netze zu ermöglichen und mit Prognosen zum zukünftigen Netzzustand zu ergänzen (vgl. Box B 2-6). Dadurch können die Kosten für den Netzbetrieb erheblich gesenkt werden. Digitalisierung und Dezentralisierung können zur Bildung neuer Wertschöpfungsnetzwerke führen.[306] Ein Beispiel hierfür sind Geschäftsmodelle auf Grundlagen der Blockchain-Technologie (Box B 2-7).

Innovationshemmnisse

In der Energiewirtschaft ergeben sich Innovationshemmnisse vor allem aus der unzureichenden Internalisierung von THG-Externalitäten (vgl. Box B 2-2) sowie aus regulatorischen Hürden.

Die negativen THG-Externalitäten werden bisher nicht ausreichend durch den Preis für Emissionszertifikate im EU ETS reflektiert. Während das Umweltbundesamt einen Preis von 180 Euro je Tonne CO_2 als Orientierung für die Klimakosten von THG-Emissionen für angemessen hält, lag der Preis für Emissionszertifikate im vierten Quartal 2018 zwischen ca. 15 Euro und ca. 25 Euro je Tonne CO_2.[307] Dadurch gibt es nur vergleichsweise geringe finanzielle Anreize, in klimafreundliche und kohlenstoffarme Technologien zu investieren.

Die bisherige Regulierung der Netzentgelte hat zur Folge, dass für die meisten Kundengruppen nicht die tatsächlichen, räumlich differenzierten und zeitabhängigen Kosten der Stromnetznutzung abgebildet werden.[308] Es fehlen Preissignale für eine effiziente Flexibilisierung von Stromangebot und -nachfrage. Dadurch können innovative Technologien wie dezentrale Speicher oder Power-to-X ihren Beitrag zur Flexibilisierung des Energiesystems nur unzureichend monetarisieren und werden in ihrer Marktdiffusion gehemmt.

Im Rahmen der Anreizregulierungsverordnung (ARegV) fehlt es durch eine mangelnde Berücksichtigung von Betriebskosten im Vergleich zu Investitionskosten an Anreizen für die Netzbetreiber, über innovative Konzepte zum Engpassmanagement nachzudenken (vgl. Box B 2-6). Aus Sicht der Netzbetreiber ist deshalb in der Regel die Investition in den Netzausbau lukrativer, obwohl gesamtwirtschaftlich ein Engpassmanagement ohne Netzausbau kostengünstiger sein könnte.[309] Dadurch werden Technologien wie Power-to-Heat oder Speicher,[310] aber auch Geschäftsmodelle für innovatives Netzmanagement in ihrer Verbreitung gehemmt.

Reformoptionen

Zur Überwindung der Innovationshemmnisse in der Energiewirtschaft gibt es mehrere Reformoptionen, die zum Teil aufgrund ihrer asymmetrischen Verteilungswirkung kontrovers diskutiert werden und politisch bewertet werden müssen. Wichtige Reformoptionen umfassen:

- eine Stärkung der Preissignale im EU ETS durch eine weitere Verknappung der Emissionszertifikate,
- eine Anpassung von Netzentgelten, um eine räumliche und zeitliche Knappheitsdimension in die Preissignale des Stromnetzes zu integrieren,
- eine Überarbeitung der ARegV, um Anreize für die Nutzung netzdienlicher Anlagen für Netzbetreiber und Marktteilnehmende zu steigern.

Gebäude B 2–3

Ausgangssituation

Im Gebäudebereich konnten die THG-Emissionen bis 2017 im Vergleich zu 1990 um 38 Prozent reduziert werden. Damit ist bisher deutlich mehr als die Hälfte des Sektorziels von 66 Prozent für 2030 erreicht (vgl. Abbildung B 2-1).

Die wesentlichen Einsatzzwecke von Energie in Gebäuden sind die Erzeugung von Raumwärme bzw. Klimatisierung (85 Prozent) sowie die Erzeugung von Warmwasser (15 Prozent).[311] Etwa 75 Prozent der Wärme wurde 2017 unter Verwendung fossiler Brennstoffe in Öl- oder Gasheizungen erzeugt.[312] Durch die lange Lebensdauer von Heizungen sind diese Anteile im Zeitverlauf recht stabil und Verschiebungen der Anteile hin zu anderen Energieträgern erfolgen nur langsam. Daher werden Maßnahmen für CO_2-arme bzw. CO_2-freie Heizungstechniken, die sich weitgehend auf Neubauten beschränken, nicht ausreichen, um das Sektorziel für 2030 zu erreichen.[313]

Box B 2-7

Blockchain-Technologien in der Energiewirtschaft[314]

Die Entwicklung der Energiewirtschaft hin zu einer kleinteiligen und dezentralen Organisation bedarf einer verstärkten Koordinierung von Transaktionen, die entweder physisch in der Erzeugung, dem Transport oder dem Verbrauch von Strom oder finanziell beim Handel mit Strom entstehen. Blockchain-Technologien eröffnen grundsätzlich die Möglichkeit, eine Vielzahl von Transaktionen auf effiziente und sichere Weise zu koordinieren (siehe Kapitel B 3). Sie sind daher auch für die Energiewende mit dezentralen Erzeugungs- bzw. Versorgungsstrukturen von potenziell hoher Bedeutung.[315]

Die Kosten für den Netzbetrieb werden über Netzentgelte auf Verbraucherinnen und Verbraucher umgelegt. Sie sind aber nur bedingt transparent, weil Daten zum Netzzustand nicht in ausreichendem Umfang vorliegen und über verschiedene Akteure verteilt sein können. Eine Lösung hierfür kann in der Kombination aus Sensoren, die Indikatoren zum Netzzustand erfassen, und Blockchain-Technologien liegen, die automatisiert und manipulationssicher Daten erfassen und speichern. Auf dieser Grundlage können Leistungs- bzw. Kostenindikatoren direkt im Netz ermittelt und über die Blockchain verlässlich kommuniziert werden. Damit werden verursachergerechte und transparente Netzentgelte ermöglicht.

Für das Erreichen der Sektorziele spielt auch die Energieeffizienz eine entscheidende Rolle. Für Wohngebäude formuliert die Bundesregierung einen durchschnittlichen Verbrauch von 40 kWh/m² pro Jahr als langfristiges Ziel.[316] Im Jahr 2016 betrug der spezifische Endenergieverbrauch in privaten Haushalten 126,2 kWh/m².[317] Es wird daher nötig sein, die Entwicklung und den Einsatz von Gebäuden voranzutreiben, die mehr (CO_2-freie) Energie produzieren, als sie verbrauchen.

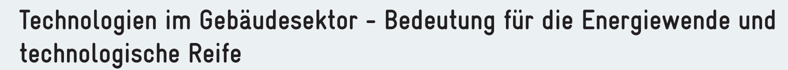
Wichtige Technologien und Geschäftsmodelle für die Energiewende

Abbildung B 2-8 stellt innovative Technologien des Gebäudesektors dar und bildet die Einschätzung der befragten Fachleute zur Bedeutung der Technologien für die Energiewende und ihrer technologischen Reife ab (vgl. Box B 2-3). Als bedeutend erachten die Fachleute in absteigender Reihenfolge die Technologien Wärmepumpensysteme (1), energieeffizientes Bauen und Sanieren (2), Smart Meter (3), KWK und Fernwärme aus EE (4), innovative Kälte- und Wärmespeicher (5), Quartierslösungen und Mieterstrom (6), Technologien für Gebäudeautomation (7), Technologien für energiesparende Gebäudenutzung (8), Solarthermie (9), Wärmerückgewinnung (10) und Power-to-Heat (11). Für diese Technologien sind nach Angabe der meisten Fachleute bereits marktreife Produkte, zumindest aber Produktkonzepte vorhanden. Die Mehrheit der Fachleute gibt an, dass für Smart Meter (3), innovative Kälte- und Wärmespeicher (5), Quartierslösungen und Mieterstrom (6), Technologien für Gebäudeautomation (7) und energiesparende Gebäudenutzung (8) sowie Wärmerückgewinnung (10) der Schritt hin zu marktreifen Produkten noch nicht gemacht wurde.[318]

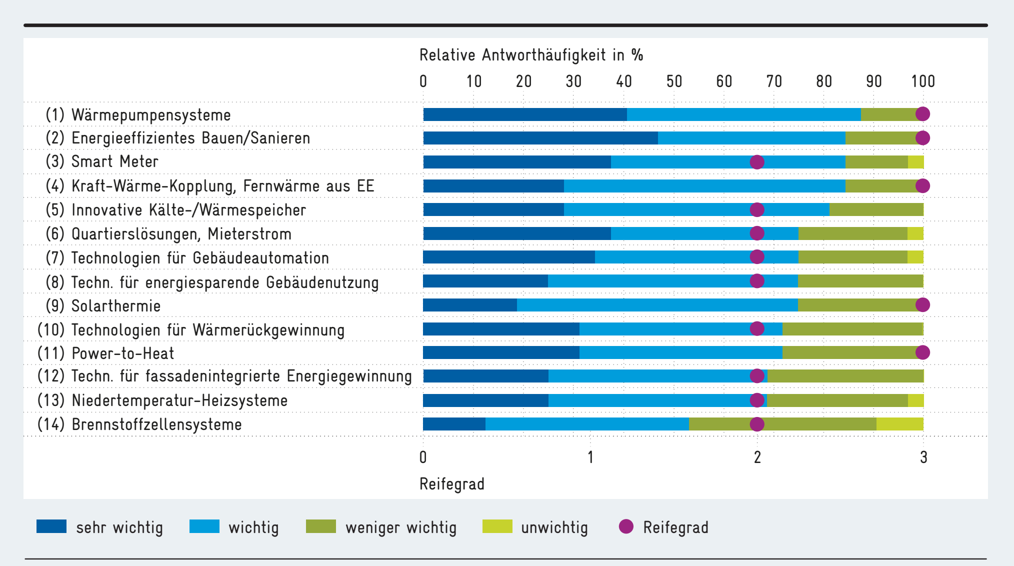
Die als bedeutend erachteten Technologien lassen sich in die Kategorien Technologien für effiziente und klimafreundliche Energiebereitstellung sowie Technologien zur Senkung des Energiebedarfs einteilen. Zur ersten Kategorie gehören Wärmepumpen (1) und andere Power-to-Heat-Anwendungen, KWK und Fernwärme aus EE (4), Solarthermie (9), innovative Kälte- und Wärmespeicher (5) sowie Quartierslösungen und Mieterstrommodelle (6). Zur Senkung des Energiebedarfs kommen Technologien für energieeffizientes Bauen und Sanieren (2), Gebäudeautomation (7) und energiesparende Gebäudenutzung (8) zum Einsatz.

Auch im Gebäudesektor gibt es innovative Dienstleistungen, die in Form digitaler Geschäftsmodelle angeboten werden (vgl. Box B 2-9). So bieten Unternehmen den Verkauf von Ökostrom in Kombination mit einer Eigenstromoptimierung oder Mieterstrommodellen an. Bei Mieterstrom oder Quartiersstrom handelt es sich um vom Vermieter lokal produzierten Strom, der den Mietern direkt angeboten wird. Einnahmen werden u.a. aus den monatlichen Entgelten für Ökostrom-Lieferungen oder Beiträgen zu Mieterstromgemeinschaften generiert.

Abb B 2-8



Technologien im Gebäudesektor - Bedeutung für die Energiewende und technologische Reife



Die Reihenfolge der Technologien bestimmt sich zunächst absteigend aus der absoluten Summe aus „sehr wichtig" und „wichtig". Ist diese Summe gleich hoch, werden Technologien mit mehr „sehr wichtig"- als „wichtig"-Antworten zuerst aufgelistet. Die Balken zeigen die relativen Häufigkeiten der Antworten in Prozent. Die Einteilung des Reifegrads entspricht: 0=grundlegende Forschung, 1=Technologieentwicklung, Test und Pilotierung, 2=Produktkonzept und Businessplan vorhanden, 3=marktreifes Produkt vorhanden. Dargestellt ist der Medianwert der Experteneinschätzungen zum Reifegrad.
Quelle: Gatzen und Pietsch (2019).

Box B 2-9

Geschäftsmodell im Bereich Mieterstrom

Kurzbeschreibung
Die Polarstern GmbH wurde 2011 in München gegründet. Sie ist ein Energieversorger, der Energieprodukte wie Ökostrom oder Ökogas aus 100 Prozent EE anbietet. Darüber hinaus bietet Polarstern Spezialtarife für Wärmepumpen und Elektroautos sowie Produkte zur dezentralen Stromversorgung von Eigenheimen und Mehrparteienhäusern wie Mieterstrommodelle an.

Leistungsangebot und Geschäftsmodell
Polarstern nutzt als Energieversorger sowohl das zentrale und öffentliche Stromnetz als auch lokal erzeugten Strom zur Energieversorgung von Gebäuden. Für die Nutzung von lokal erzeugtem Strom plant und organisiert Polarstern Mieterstrom- und Eigenstrommodelle. Darüber hinaus werden Dienstleistungen zur Optimierung des Eigenstromverbrauchs angeboten.

Polarstern erzielt Einnahmen aus monatlichen Entgelten für die Ökostrom-Lieferung sowie über Beiträge für die Nutzung von lokal erzeugtem Strom.

Relevanz für die Energiewende
Alle Produkte und Services haben gemein, dass 100 Prozent EE verwendet werden. Die Integration dezentraler Speicher wie z. B. eines Elektroautos erleichtert den Abgleich von Stromangebot und Verbrauch im Netz.

Regulatorische Hemmnisse
2017 wurde das Gesetz zur Förderung von Mieterstrom verabschiedet. Bisher lässt das Gesetz aber nur Photovoltaik als Technologie zu. Durch die Begrenzung auf eine Technologie kann das volle Potenzial von Mieterstrom nicht ausgeschöpft werden.

Innovationshemmnisse

Im Gebäudesektor sind wichtige Innovationshemmnisse auf THG-Externalitäten (vgl. Box B 2-2) und Lock-in-Effekte zurückzuführen.

Die in Haushalten genutzten Energieträger weisen unterschiedlich starke Belastungen durch Steuern, Abgaben und Umlagen, sogenannte staatlich induzierte Preisbestandteile, auf. Strom wird im Vergleich zu Erdgas und Heizöl deutlich stärker belastet. Bezieht man die Belastungen auf die spezifischen THG-Emissionen, dann ergeben sich große Abweichungen zu einer einheitlichen CO_2-Bepreisung – der implizite CO_2-Preis für Strom ist um ein Vielfaches höher als der auf Erdgas oder leichtes Heizöl.[319] Hieraus resultieren erhebliche Wettbewerbsnachteile für strombasierte Sektorkopplungstechnologien im Gebäudesektor (u. a. Wärmepumpen).

Im Gebäudesektor treten Lock-in-Effekte auf, weil die Wechselkosten von einer bisherigen auf eine neue Technologie zu hoch sind (u. a. wegen irreversibler Investitionen bzw. versunkener Kosten). Dadurch kann die Verbreitung innovativer und klimafreundlicher Heizungsanlagen, die langfristig kostengünstiger wären, gehemmt werden.[320]

Reformoptionen

Zur Überwindung der Innovationshemmnisse im Gebäudesektor gibt es mehrere Reformoptionen, die zum Teil aufgrund ihrer asymmetrischen Verteilungswirkung kontrovers diskutiert werden und politisch bewertet werden müssen. Wichtige Reformoptionen umfassen:

- eine Neuausrichtung von Steuern, Abgaben und Umlagen – sogenannter staatlich induzierter Preisbestandteile – auf Energieträger, die sich an den Kosten der von den jeweiligen Energieträgern verursachten THG-Externalitäten orientieren,
- eine Ausweitung von steuerlicher Förderung oder Abschreibungsregelungen in Ergänzung zu Förderprogrammen, um zusätzliche Anreize zur Nutzung innovativer Technologien zu schaffen,[321]
- eine Ausweitung von Maßnahmen des Ordnungsrechts auf den Gebäudebestand, um Lock-in-Effekte zu überwinden.[322]

Verkehr B 2-4

Ausgangssituation

Im Verkehrssektor haben die THG-Emissionen zwischen 1990 und 2017 nicht ab-, sondern leicht zugenommen. Damit ist man weit vom Ziel der Bundesregierung entfernt, die THG-Emissionen des Verkehrssektors bis zum Jahr 2030 gegenüber dem Jahr 1990 um 40 Prozent zu senken.[323] Diese ungünstige Entwicklung ist im Wesentlichen auf die Zunahme der Verkehrsleistung zurückzuführen, die die Steigerung der Energieeffizienz im Personenverkehr um 25 Prozent und im Güterverkehr um 12 Prozent[324] überkompensiert hat.[325] Um die Sektorziele für 2030 noch erreichen zu können, sind einschneidende Maßnahmen erforderlich.

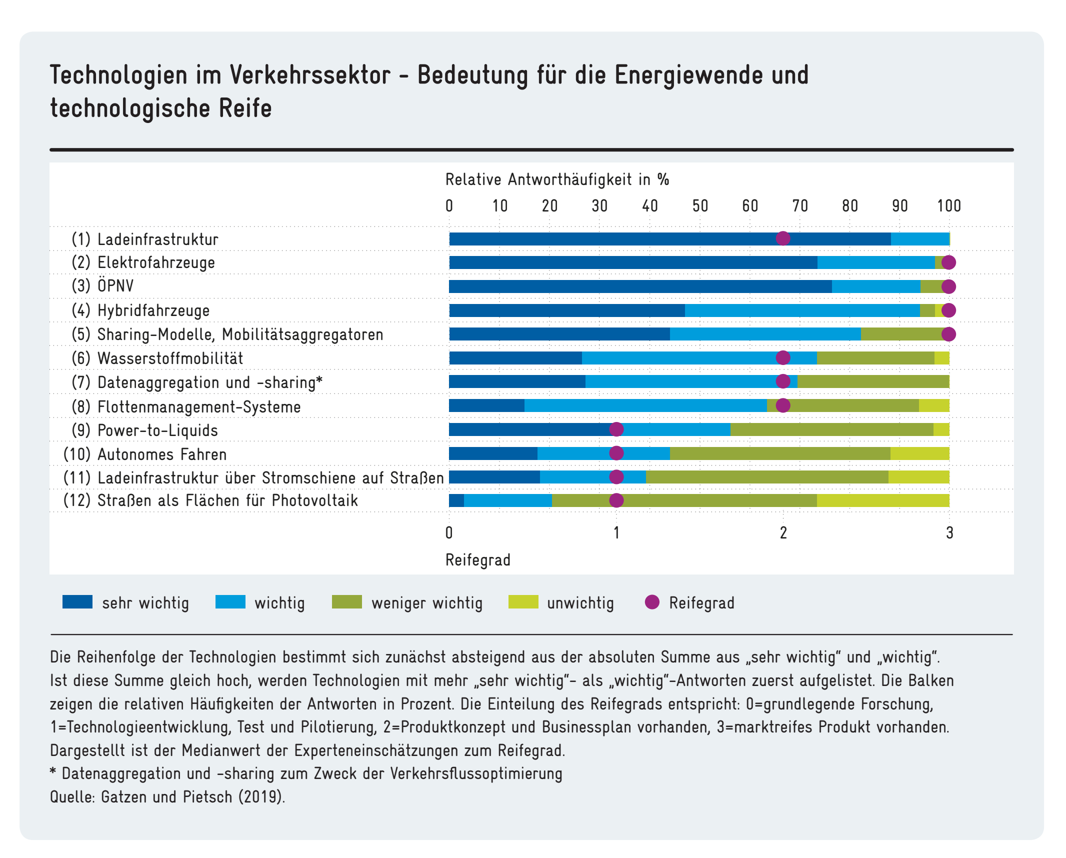
Derzeit verursachen Pkw 61 Prozent der THG-Emissionen im Verkehrssektor, gefolgt von Lkw mit 35 Prozent, Flugzeugen im nationalen Luftverkehr mit 1,4 Prozent und Dieselloks mit 0,6 Prozent.[326] Der Anteil von EE im Verkehrssektor stagniert seit 2008 bei etwa 5 Prozent.[327] Alternative Antriebe[328] leisten bisher keinen nennenswerten Beitrag zur Entschärfung der kritischen THG-Situation im Verkehrssektor. Ihr Anteil am gesamten Fahrzeugbestand in Deutschland betrug im Jahr 2018 lediglich 1,7 Prozent.[329]

Neben der Elektromobilität können Wasserstoff und synthetische Kraftstoffe im Energiemix des zukünftigen Verkehrs eine wichtige Rolle spielen, um die hohen THG-Reduktionsanforderungen bis 2030 und darüber hinaus zu erreichen. Für den Einsatz verschiedener Technologien sprechen vor allem unterschiedliche Anforderungen an Fahrleistungen (Reichweite) und Fahrdynamiken in Logistik und Personenverkehr. Darüber hinaus gewinnen Konzepte zur Verkehrsvermeidung und -verlagerung wie beispielsweise die Ausweitung des ÖPNV, Sharing-Modelle sowie eine verkehrsvermeidende Verkehrsplanung an Bedeutung.[330]

Wichtige Technologien und Geschäftsmodelle für die Energiewende

Abbildung B 2-10 stellt innovative Technologien des Verkehrssektors dar und bildet die Einschätzung der befragten Fachleute zur Bedeutung der Technologien für die Energiewende und ihrer technologischen





Die Reihenfolge der Technologien bestimmt sich zunächst absteigend aus der absoluten Summe aus „sehr wichtig" und „wichtig". Ist diese Summe gleich hoch, werden Technologien mit mehr „sehr wichtig"- als „wichtig"-Antworten zuerst aufgelistet. Die Balken zeigen die relativen Häufigkeiten der Antworten in Prozent. Die Einteilung des Reifegrads entspricht: 0=grundlegende Forschung, 1=Technologieentwicklung, Test und Pilotierung, 2=Produktkonzept und Businessplan vorhanden, 3=marktreifes Produkt vorhanden. Dargestellt ist der Medianwert der Experteneinschätzungen zum Reifegrad.
* Datenaggregation und -sharing zum Zweck der Verkehrsflussoptimierung
Quelle: Gatzen und Pietsch (2019).

Reife ab (vgl. Box B 2-3). Als bedeutend erachten die Fachleute in absteigender Reihenfolge Technologien für Ladeinfrastruktur (1), Elektrofahrzeuge (2), ÖPNV (3), Hybridfahrzeuge (4), Sharing-Modelle und Mobilitätsaggregatoren (5) sowie Wasserstoffmobilität (6). Die Mehrheit der Fachleute gibt an, dass für diese Technologien zumindest Produktkonzepte oder aber bereits marktreife Produkte verfügbar sind. Lediglich für Ladeinfrastruktur (1) und Wasserstoffmobilität (6) sieht die Mehrheit der Fachleute die Marktreife der Technologie noch nicht erreicht.[331]

Elektrofahrzeuge (2) werden im Verkehrssektor der Zukunft eine Schlüsselrolle einnehmen.[332] Elektrofahrzeuge, die die direkte Nutzung von Strom aus EE ermöglichen und dabei besonders energieeffizient sind, können einen entscheidenden Beitrag zur Dekarbonisierung des Verkehrssektors leisten.[333] Zur Ausweitung der Einsatzbereiche der Elektromobilität ist ein weiterer Ausbau der Ladeinfrastruktur[334] notwendig. Darüber hinaus ist eine Weiterentwicklung der Batteriesysteme erforderlich, um die Leistungsdichte und damit die Reichweite zu erhöhen und die Kosten (für Batterien) deutlich zu verringern.[335]

Es ist zu erwarten, dass Hybridfahrzeuge sowie Plug-in-Hybride[336], die sowohl über einen Elektromotor mit einer leistungsstarken Batterie als auch über einen Verbrennungsmotor verfügen, in einer Übergangsphase zur Dekarbonisierung des Verkehrssektors beitragen.

Neben batterieelektrischen Fahrzeugen werden Wasserstofffahrzeuge (auf Basis von Wasserstoff, der durch Elektrolyse aus EE-Strom gewonnen werden kann) zunehmend an Bedeutung gewinnen. Sie haben den Vorteil einer höheren Reichweite sowie einer schnelleren Betankung, wobei die Energieeffizienz deutlich geringer ist als bei Elektrofahrzeugen.[337] Auch für die Betankung von Wasserstofffahrzeugen werden erhebliche Infrastrukturinvestitionen erforderlich sein.[338]

Verkehrsvermeidung und -verlagerung können ebenfalls zur Senkung der THG-Emissionen beitragen. Hierzu zählen der Ausbau des ÖPNV durch höhere Netzabdeckung und Taktung sowie die Stärkung des Fuß- und Radverkehrs. Zudem können neue Geschäftsmodelle wie Carsharing-Angebote zu einer Verringerung der benötigten Fahrzeugflotte und einer

Box B 2-11

Geschäftsmodell im Bereich smarte Verkehrssteuerung und Sensorsysteme

Kurzbeschreibung
Die Sonah UG wurde 2016 in Aachen gegründet. Sonah entwickelt flexible, optische Sensoren für verschiedenste Anwendungsfälle im Bereich Smart Cities, die beispielsweise in den Bereichen Parkraumüberwachung, E-Ladesäulen-Monitoring oder für intelligente Verkehrsleitsysteme verwendet werden können. Die Sensoren können in bestehenden Infrastrukturen wie Straßenlaternen oder Gebäuden angebracht werden.

Leistungsangebot und Geschäftsmodell
Sonah entwickelt ein dezentrales Sensornetzwerk, um Herausforderungen wie das Parkplatzproblem, das E-Ladesäulen-Monitoring oder die Verkehrsleitung anzugehen. Dabei setzt Sonah auf die Entwicklungen von optischer Sensorik. Die optischen Sensoren können dabei eine Straßensituation vor Ort datenschutzkonform analysieren, interpretieren und für unterschiedliche Anwendungsfälle relevante Metadaten senden. Diese werden, basierend auf Machine-Learning-Algorithmen, ausgewertet und in neuen Geschäftsmodellen verarbeitet.

Einnahmen werden aus dem Verkauf der Sensoren und monatlichen Gebühren für das Parkplatz-Tracking generiert. Weitere Einnahmen können durch die Bereitstellung von Park- und Verkehrsdaten erzielt werden.

Relevanz für die Energiewende
Der Parkplatzsuchverkehr ist bereits heute für einen signifikanten Anteil der Luftverschmutzung im urbanen Raum verantwortlich. Durch die Überwachung von Parkräumen und die Überführung der Daten in Navigationsanwendungen können dieser Suchverkehr und damit die Luftbelastungen reduziert werden.

Regulatorische Hemmnisse
Datengetriebene Geschäftsmodelle im öffentlichen Raum bergen Schwierigkeiten, da es noch keine Vorgabe gibt, wem die Daten tatsächlich gehören. Diese Unsicherheit hemmt potenzielle Innovationsprojekte.

besseren Auslastung der Fahrzeuge beitragen.[339] Mobilitätsaggregatoren ermöglichen darüber hinaus die Bündelung verschiedenster Mobilitätsdienste in einer App. Des Weiteren können intelligente Verkehrsoptimierungstechnologien zu einer effizienten Verkehrsflusssteuerung beitragen.

Cloud-basierte Mobilitätsplattformen können es beispielsweise Unternehmen ermöglichen, Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern sogenannte Shared Mobility Services anzubieten. Flottenfahrzeuge können digitalisiert und nach Dienstschluss von Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern weiter privat genutzt werden. Die Mobilitätsplattform bildet damit eine Schnittstelle zwischen Anbietern und Nachfragern von Mobilitätsdienstleistungen. Das Geschäftsmodell besteht dabei aus einem Software-as-a-Service-Paket, die Nutzungsgebühren sind zahlbar pro Fahrzeug und Zeiteinheit.

Innovationshemmnisse

Im Verkehrssektor sind wichtige Innovationshemmnisse auf Netzwerkexternalitäten (vgl. Box B 2-2) und regulatorische Hürden zurückzuführen.

Elektro- und Wasserstofffahrzeuge bedürfen einer flächendeckenden Lade- und Tankinfrastruktur, die wegen Netzwerkexternalitäten aktuell in Deutschland noch nicht gegeben ist. Diese Externalitäten werden verstärkt, weil eine flächendeckende Ladeinfrastruktur mit dem Ausbau der Verteilnetzinfrastruktur abgeglichen werden muss.[340]

Während für Fahrzeughersteller CO_2-Flottenziele für Neuwagen gelten, gibt es kaum Maßnahmen, die auf geändertes Fahr- oder Nutzungsverhalten abzielen und so auch THG-Minderungen im Fahrzeugbestand realisieren können. Dadurch wird ein Status quo für den Individualverkehr per Pkw zementiert, der innovative Technologien wie Mobilitätsaggregatoren, Verkehrsvermeidung oder den ÖPNV benachteiligt.[341]

Auf Grundlage der CO_2-Flottenziele erfolgt eine Förderung alternativer Antriebe, die nicht technologieoffen ist. Übersteigt der Anteil von Elektrofahrzeugen an der Neuwagenflotte eines Herstellers einen Schwellenwert, dann werden die CO_2-Vorgaben für die gesamte Flotte abgeschwächt. Diese Fokussierung auf Elektrofahrzeuge geht zu Lasten anderer alternativer Antriebskonzepte wie Wasserstofffahrzeuge.

Eine kritische Würdigung der staatlichen Aktivitäten im Verkehrssektor darf nicht übersehen, dass die Bundesregierung auf internationaler Ebene Industriepolitik zum Schutz der deutschen Automobilindustrie betreibt. So setzte sich die Bundesregierung beispielsweise auf europäischer Ebene dafür ein, die Reduktionsziele für Neuwagen stärker abzuschwächen, als dies eine Mehrheit der EU-Mitgliedsstaaten befürwortet hätte.[342] Eine solche Politik hemmt Innovationen für alternative Antriebskonzepte und könnte sich mittelfristig als Bumerang für die Sicherung des Automobilstandorts Deutschland erweisen.

Reformoptionen

Zur Überwindung der Innovationshemmnisse im Verkehrssektor gibt es mehrere Reformoptionen, die zum Teil aufgrund ihrer asymmetrischen Verteilungswirkung kontrovers diskutiert werden und politisch bewertet werden müssen. Die Reformoptionen umfassen:

- eine höhere Bepreisung von THG-Emissionen durch Anpassungen der Kfz- und Kraftstoffbesteuerung,
- die technologieoffene Förderung klimafreundlicher Antriebskonzepte und ihrer Lade- bzw. Tankinfrastruktur,
- eine verstärkte Koordinierung des Ausbaus von Verkehrs- und Lade- bzw. Tankinfrastruktur,
- eine Bepreisung der Straßennutzung durch Pkw, um weitere Anreize für einen Umstieg vom Individualverkehr mit Pkw zu anderen THG-ärmeren Mobilitätskonzepten zu setzen.

B 2-5 Industrie

Ausgangssituation

Die Industrie ist für etwa 20 Prozent der THG-Emissionen in Deutschland verantwortlich. Zwar konnten die THG-Emissionen in diesem Sektor zwischen 1990 und 2017 bereits um über 30 Prozent reduziert werden (vgl. Abbildung B 2-1). Zur Erreichung des Sektorziels 2030 müssen die THG-Emissionen der Industrie jedoch um 50 Prozent gegenüber 1990 sinken.

Im Industriesektor bestehen besondere technische Herausforderungen bei der Reduktion der THG-Emissionen im Bereich sehr hoher Temperaturen, in der Grundstoffindustrie (z. B. Kalk- und Zementherstellung) und der Grundstoffchemie.[343] Hier ist die Nutzung fossiler Brennstoffe zum Teil auch aus spezifischen Materialeigenschaften der Brennstoffe[344] erforderlich oder CO_2 entsteht durch chemische Reaktionen als direktes Nebenprodukt auch beim Einsatz nicht-fossiler Materialien.[345]

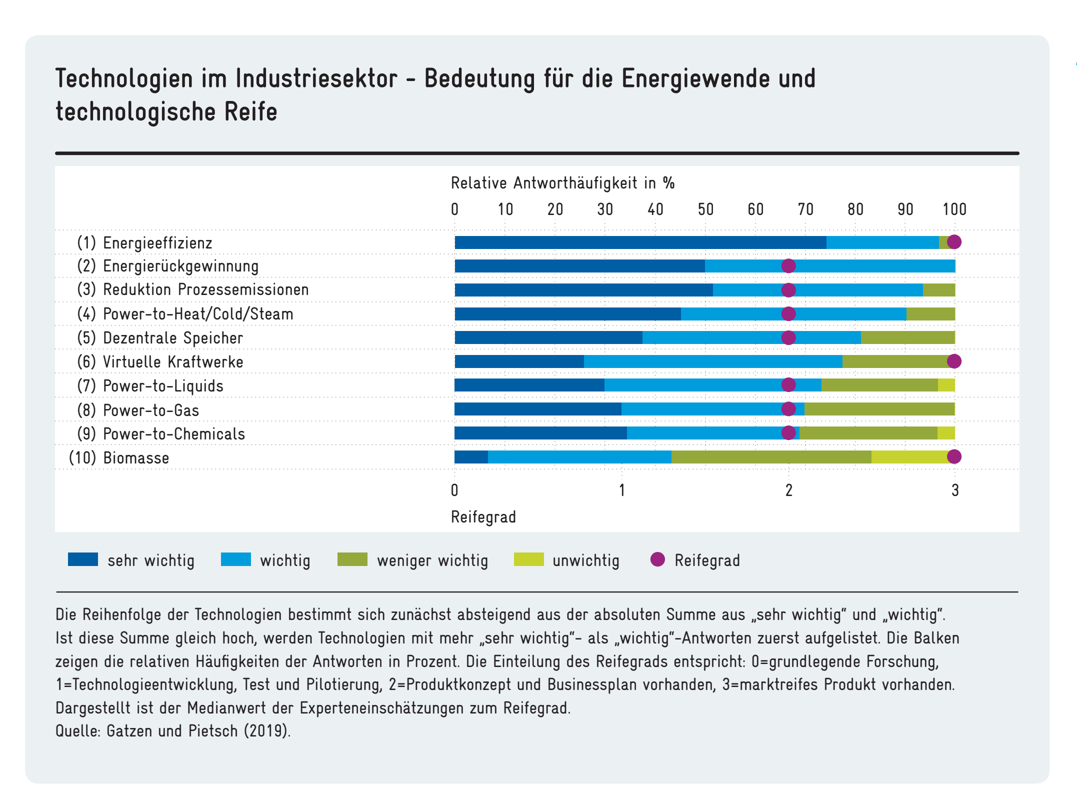
Wichtige Optionen für THG-Reduktionen in der Industrie sind die Erhöhung der Energieeffizienz der Industrieprozesse, die Umstellung auf EE-Strom als Energieträger, wo dies möglich ist, sowie die Abscheidung und Nutzung oder Speicherung von CO_2.[346] Darüber hinaus können fossile Rohstoffe in Anwendungen ersetzt werden, in denen es nicht zur Verbrennung dieser Rohstoffe, sondern zur stofflichen Nutzung kommt. Beispiele hierfür sind die Nutzung bzw. die Erzeugung von Ethylen oder Ammoniak auf Basis von Power-to-X-Technologien für die chemische Industrie oder die Verwendung von Wasserstoff auf Basis von EE-Strom in der Stahlherstellung.[347]

Wichtige Technologien und Geschäftsmodelle für die Energiewende

Abbildung B 2-12 stellt innovative Technologien des Industriesektors dar und gibt die Einschätzung der befragten Fachleute zur Bedeutung der Technologien für die Energiewende und ihrer technologischen Reife wieder (vgl. Box B 2-3). Als bedeutend erachten die Fachleute in absteigender Reihenfolge Technologien zur Steigerung der Energieeffizienz (1) und Energierückgewinnung (2), Reduktion von Prozessemissionen (3), Power-to-Heat/Cold/Steam (4), dezentrale Speicher (5), virtuelle Kraftwerke (6) und Power-to-Liquids (7) sowie Power-to-Gas (8). Die Mehrheit der Fachleute gibt an, dass für diese Technologien zumindest Produktkonzepte oder aber bereits marktreife Produkte verfügbar sind. Der Entwicklungsschritt hin zur Marktreife steht allerdings für Technologien der Energierückgewinnung (2), Reduktion von Prozessemissionen (3), Power-to-Heat/Cold/Steam (4), dezentrale Speicher (5), Power-to-Liquids (7) und Power-to-Gas (8) noch aus.[348]

Im Industriesektor zielen innovative klimafreundliche Technologien vor allem auf Effizienzsteigerungen ab. Hierbei kommen u. a. auch innovative Geschäftsmodelle zur Analyse von Energiedaten zum Einsatz (vgl. Box B 2-13). Neben einem sparsameren Ressourceneinsatz lässt sich die Energieeffizienz auch durch Energierückgewinnung[349] steigern.

Abb B 2-12



Technologien im Industriesektor - Bedeutung für die Energiewende und technologische Reife

Die Reihenfolge der Technologien bestimmt sich zunächst absteigend aus der absoluten Summe aus „sehr wichtig" und „wichtig". Ist diese Summe gleich hoch, werden Technologien mit mehr „sehr wichtig"- als „wichtig"-Antworten zuerst aufgelistet. Die Balken zeigen die relativen Häufigkeiten der Antworten in Prozent. Die Einteilung des Reifegrads entspricht: 0=grundlegende Forschung, 1=Technologieentwicklung, Test und Pilotierung, 2=Produktkonzept und Businessplan vorhanden, 3=marktreifes Produkt vorhanden. Dargestellt ist der Medianwert der Experteneinschätzungen zum Reifegrad.
Quelle: Gatzen und Pietsch (2019).

Darüber hinaus hat die Umstellung auf CO_2-arme Energieträger eine hohe Bedeutung für die Reduktion der THG-Emissionen. In den Verfahren Power-to-X wird Strom (aus EE) in neue Energieträger wie Gase, flüssige Kraftstoffe, Chemikalien oder Wärme umgewandelt. Dadurch kann die Nutzung fossiler Energieträger reduziert werden. Wasserstoff kann so beispielsweise mittels Elektrolyse aus Wasser und (EE-) Strom anstatt aus Erdgas hergestellt werden.

Innovationshemmnisse

Im Industriesektor resultieren Innovationshemmnisse vor allem aus der fehlenden bzw. unzureichenden Internalisierung von THG-Externalitäten (vgl. Box B 2-2). Einerseits ist der CO_2-Preis für Anlagen, die vom EU ETS erfasst werden, zu gering; andererseits wird der Einsatz von Strom gegenüber anderen Energieträgern durch Steuern, Abgaben und Umlagen benachteiligt. Dies hemmt die Einführung innovativer CO_2-freier oder CO_2-armer Technologien in der Industrie.

Reformoptionen

Reformoptionen zur Überwindung der Innovationshemmnisse im Industriesektor haben zum Ziel, THG-Externalitäten zu internalisieren. Die Reformoptionen umfassen:

- eine Stärkung des EU ETS durch eine weitere Verknappung der Emissionszertifikate;
- eine Neuausrichtung von Steuern, Abgaben und Umlagen – sogenannter staatlich induzierter Preisbestandteile – auf Energieträger, die sich an den Kosten der von den jeweiligen Energieträgern verursachten THG-Externalitäten orientieren.

B 2–6 Ausrichtung der FuE-Förderung auf Sektorkopplungsprinzip

Die Energiewende muss zusätzlich durch FuE-Investitionen in innovative klimafreundliche Technologien unterstützt werden.[350] FuE trägt zur Generierung neuer Technologien bei, wird sich aber auch auf solche Technologien förderlich auswirken, die nach Einschätzung der befragten Fachleute schon Marktreife

Box B 2-13

Geschäftsmodell im Bereich industrielle Stromversorgung

Kurzbeschreibung
EnergyCortex wurde 2018 in Aachen gegründet und entwickelt eine cloud-basierte, sektorübergreifende Energiedatenplattform für Industriekunden, Stadtwerke sowie Betreiber dezentraler Anlagen (z.B. EE- und KWK-Anlagen).

Leistungsangebot und Geschäftsmodell
EnergyCortex sammelt und visualisiert Daten, beispielweise von Smart Metern, und übernimmt für die Kundschaft die Aufbereitung und Verarbeitung dieser Daten. Mittels der aufbereiteten Daten werden Dienstleistungen zur Kostensenkung und Leistungssteigerung angeboten.

EnergyCortex bietet ihre Dienstleistungen im Rahmen von festen Tarifen, Pay-per-Usage oder Erfolgsbeteiligungen an.

Relevanz für die Energiewende
Durch die Visualisierung und Auswertung von Verbrauchsdaten können Maßnahmen identifiziert werden, mit denen sich der Energieverbrauch reduzieren lässt.

erreicht haben. Ziel dabei ist, die Marktpotenziale zu erhöhen und die Marktdiffusion zu beschleunigen. Wegen der herausragenden Bedeutung der Sektorkopplung für die Energiewende sollten FuE-Programme die Innovationspotenziale von Technologien bzw. Geschäftsmodellen für die Energiewende nicht isoliert, sondern sektorübergreifend betrachten.

Forschungsanstrengungen zur Unterstützung der Energiewende werden von der Bundesregierung, insbesondere von BMBF und BMWi, gefördert.[351] Die Bundesregierung hat im 7. Energieforschungsprogramm[352] die Grundlinien und Schwerpunkte ihrer Energieforschungsförderung dargelegt und diese in die Hightech-Strategie 2025 (HTS 2025) aufgenommen.[353]

Die Expertenkommission begrüßt, dass die Energieforschungsförderung der Bundesregierung zunehmend das Prinzip der Sektorkopplung berücksichtigt.[354] Die Koordinierung der Förderung über Ressorts hinweg muss aber effektiver ausgestaltet werden, um weitere Synergien zu erschließen. Die Expertenkommission regt daher an, in diesen Forschungsaktivitäten – wie im gesamten Portfolio von Fördermaßnahmen und in den koordinierenden Arbeiten der HTS 2025 – den Aspekt der Sektorkopplung weiter zu schärfen.

Handlungsempfehlungen

B 2–7

Die Energiewende nimmt unter den Politikzielen der Bundesregierung eine herausragende Stellung ein. Zu einer erfolgreichen Energiewende können innovative Technologien und Geschäftsmodelle einen entscheidenden Beitrag leisten. Eine möglichst kostengünstige Dekarbonisierung des deutschen Energiesystems ist ohne innovative Technologien und Geschäftsmodelle nicht darstellbar. Dabei geht es nicht primär darum, neue Technologien zu erfinden. Viele aus Sicht von Fachleuten wichtige Technologien und Geschäftsmodelle sind heute schon marktreif. Sie werden aber in ihrer Diffusion durch die fehlende Internalisierung von Externalitäten und bestehende regulatorische Vorgaben gehemmt.

Der Abbau dieser Hemmnisse wird zu einer deutlich höheren CO_2-Bepreisung und damit auch zu höheren Preisen für Diesel, Benzin, Heizöl und Erdgas führen. Diese Preiserhöhung ist notwendig, um die erforderliche Lenkungswirkung zu erzielen. Damit gehen ungewünschte Verteilungswirkungen einher. Daher müssen die Reformen mit sozialpolitischen Maßnahmen, z.B. in Form von Einkommenstransfers, flankiert werden.

Die Expertenkommission empfiehlt der Bundesregierung die folgenden Maßnahmen:

– Um innovative und klimafreundliche Technologien und Geschäftsmodelle in ihrer Wettbewerbsfähigkeit zu stärken, sollten Abgaben und Umlagen auf Energie über alle Wirtschaftssektoren an der Klimaschädlichkeit bzw. dem CO_2-Gehalt von Energieträgern ausgerichtet werden. Der Staat sollte die im Zuge einer solchen CO_2-orientierten Steuerreform anfallenden zusätzlichen Steuereinnahmen vordringlich dazu verwenden, wirtschaftlich schwache Haushalte, die von Energiepreiserhöhungen besonders betroffen sind, zu kompensieren.
– Die Anreizregulierung (ARegV) für Betreiber von Stromnetzen sollte so angepasst werden,

dass sich der Betrieb innovativer Anlagen und Geschäftsmodelle, die das Stromnetz stabilisieren bzw. netzdienlich sind, lohnt.

- Damit sich die gesamtwirtschaftlichen Vorteile von Flexibilisierungsoptionen in Stromangebot und Stromnachfrage auch betriebswirtschaftlich rechnen, sollte eine Reform der Netzentgelte erfolgen, bei der die tatsächlichen Kosten der Stromnetznutzung räumlich und zeitlich abgebildet werden.
- Um innovative digitale Geschäftsmodelle für die Energiewende zu befördern, sollten rechtliche Fragen der Datenerhebung bzw. -nutzung zügig geklärt werden.
- Wegen der herausragenden Bedeutung der Sektorkopplung für die Energiewende sollten die FuE-Aktivitäten und deren Förderung stärker als bisher nach dem Organisationsprinzip der Sektorkopplung ausgerichtet werden.

B 3 Blockchain

B 3-1 Blockchain-Technologien: Mehr Sicherheit für dezentrale Anwendungen

Blockchain ist eine junge Technologie für das unveränderbare und fälschungssichere digitale Speichern und Übertragen von Daten.[355] Daten werden dabei nicht von einer einzelnen Institution gespeichert, sondern von vielen Akteuren gleichzeitig. Es gibt also keine zentrale Instanz, die die Kontrolle über die gespeicherten Daten hat (vgl. Abbildung B 3-2).

Box B 3-1 veranschaulicht die Bedeutung dieser Errungenschaft am Beispiel internationaler Lieferketten.

Neben Transaktionen von Gütern entlang von Lieferketten können Blockchains viele andere Arten von Transaktionen fälschungssicher speichern. Derzeit werden die Blockchain-Technologien u. a. dazu genutzt, finanzielle Transaktionen abzuwickeln, Stromhandel dezentral zu organisieren, digitale Identitäten zu verwalten, den Informationsfluss zwischen Behörden zu unterstützen oder Regulierungsbehörden und Unternehmen die Einhaltung von Berichtspflichten zu erleichtern.

Blockchain-Technologien und die darauf basierenden Anwendungen befinden sich derzeit noch in einem frühen Entwicklungsstadium. Die meisten Anwendungsbeispiele gehen aktuell nicht über den Status von Pilotprojekten hinaus. Fachleute rechnen aber mit einer erfolgreichen Weiterentwicklung der Technologie und ihrer Anwendungen. Mit der Weiterentwicklung von Blockchain-Technologien können erhebliche Kostensenkungen und Vereinfachungen von Transaktionsabläufen einhergehen. Daraus ergibt sich ein großes Potenzial weiterer Innovationen und Umwälzungen bisheriger Wirtschaftsstrukturen. Ein Grund dafür liegt in der großen Bedeutung von Daten für Wirtschaft und Gesellschaft und der neuen Art und Weise, wie Daten mit Hilfe von Blockchain-Technologien gespeichert werden. Auf eine zentrale, vermittelnde Instanz kann dabei verzichtet werden.

Hürden für die weitere Entwicklung von Blockchain-Technologien ergeben sich aus offenen technologischen Fragen und aus Unsicherheit in Bezug auf rechtliche und regulatorische Rahmenbedingungen sowie auf politische und gesellschaftliche Akzeptanz. Deutschland befindet sich in einer aussichtsreichen Position, um die Entwicklung von Blockchain-Technologien mitgestalten sowie wirtschaftliche und gesellschaftliche Potenziale realisieren zu können. Insbesondere Berlin ist für die Blockchain-Entwicklergemeinschaft ein Standort von globaler Bedeutung. Dieser aktuelle Standortvorteil sollte von der Politik als Hebel verwendet werden, um die weitere Entwicklung und Anwendung von Blockchain-Technologien zu befördern.

B 3–2 Wichtige Eigenschaften von Blockchain-Technologien

Aus der Funktionsweise und dem Aufbau von Blockchain-Technologien ergeben sich eine Reihe von Eigenschaften, die Einfluss auf den Erfolg und die Verbreitung dieser Technologie haben können. Zu diesen Eigenschaften gehören die Governance von Blockchains, die Sicherheit, die Unterscheidung zwischen Blockchains als Infrastruktur und als Anwendung sowie die ökonomischen Anreize der verschiedenen Akteure des Blockchain-Ökosystems.

Der Verzicht auf eine zentrale Instanz ist nicht nur das Ziel von Anwendungen der Blockchain-Technologien, sondern oft auch Leitmotiv für ihren weiteren Entwicklungsprozess.[356] Für Richtungsentscheidungen in der Entwicklung muss sich entweder ein informeller Prozess herausbilden oder ein formeller Prozess definiert werden. Informell kann sich beispielsweise ergeben, dass die aktivsten Entwicklerinnen und

Entwickler Richtungsentscheidungen treffen, die von den anderen Beteiligten mitgetragen werden. Ein formeller Prozess kann dagegen vorsehen, dass jede Nutzerin bzw. jeder Nutzer der Blockchain-Technologie eine Stimme bei Richtungsentscheidungen abgeben kann. Diese Optionen werden unter dem Stichwort der Governance von Blockchains diskutiert (für weitere Aspekte der Governance von Blockchains vgl. Box B 3-4). Die Governance kann demzufolge u. a. Einfluss auf die Qualität und Geschwindigkeit der Weiterentwicklung von Blockchain-Technologien haben.

Blockchain-Technologien sind durch die beschriebenen technischen Eigenschaften und ökonomischen Anreize (vgl. Box B 3-3) sehr sicher. Eine absolute Sicherheit kann es aber nicht geben. So kam es in der Vergangenheit beispielsweise wiederholt zu

Box B 3-1

Blockchain-Anwendungen für Lieferketten

Jährlich werden Güter mit einem Warenwert von fast 16.000 Milliarden Euro international versandt. 80 Prozent der Waren, die täglich konsumiert werden, werden international gehandelt.[357] Die Lieferketten sind sehr komplex. So können in den Transport einer Ladung Avocados von Mombasa nach Rotterdam 30 Institutionen und über 100 Personen mit über 200 Informationsaustauschen involviert sein.[358] Die hohe Komplexität solcher Lieferketten führt zu hohen administrativen Kosten entlang einer Lieferkette. Diese können die physischen Kosten der reinen Lieferung deutlich übersteigen. Darüber hinaus sind diese Lieferketten als Ganzes nur schwer nachvollziehbar. Tests mit abgepacktem Obst zeigen, dass es mehrere Tage dauern kann, eine Lieferkette nachzuverfolgen und den Ursprung eines Produkts zu bestimmen. Dabei machen Lebensmittelskandale deutlich, wie wichtig es ist, Lieferketten zurückverfolgen zu können. Nur so kann im Fall von Verunreinigungen, beispielsweise durch Krankheitserreger, die Quelle ausfindig gemacht werden. Ziel muss also sein, internationale Lieferketten mit vielen Akteuren ebenso leicht nachvollziehen zu können wie die Paketlieferung eines einzelnen Logistikanbieters durch die Sendungsverfolgung.

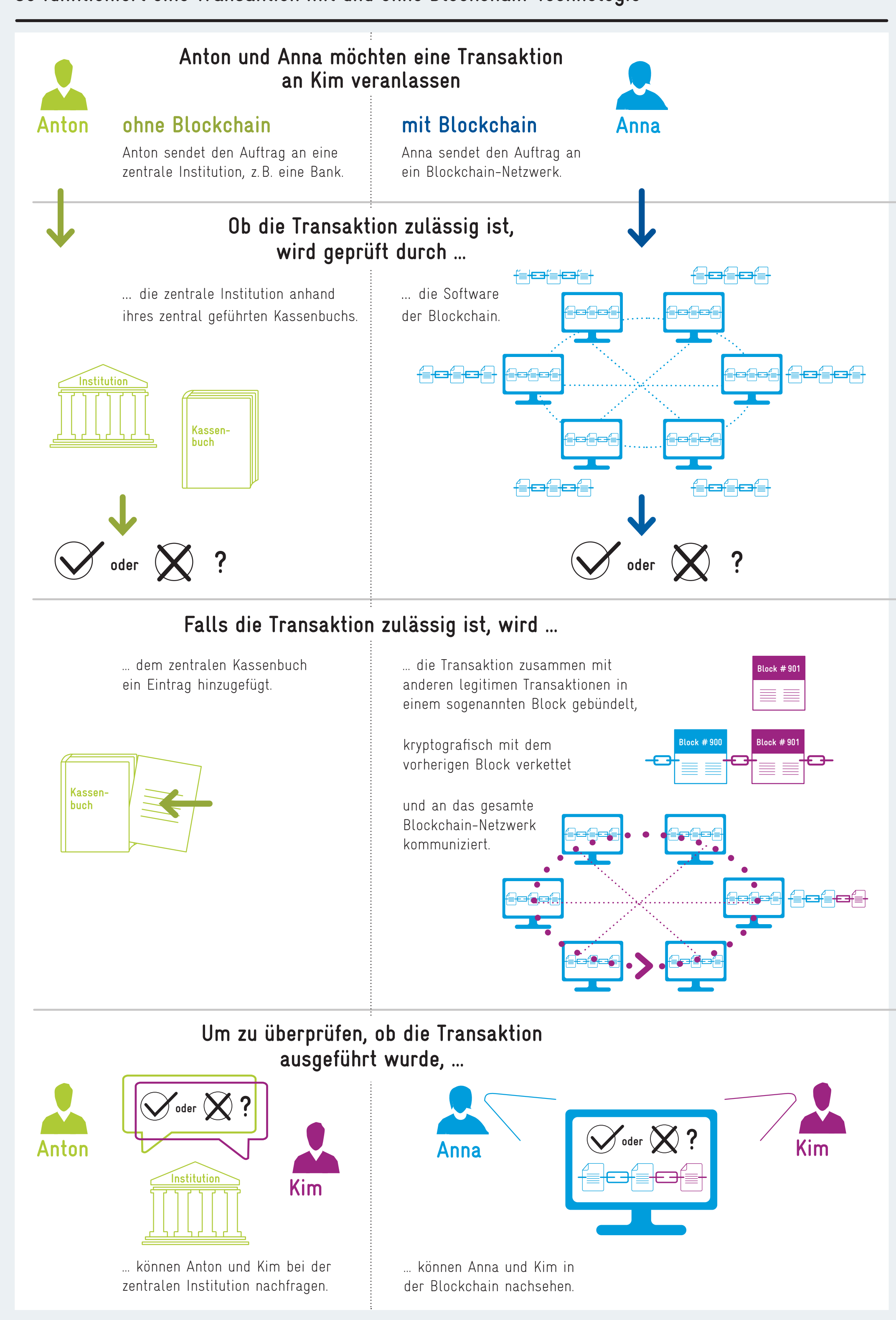
Um eine Lieferkette über Akteure hinweg zu dokumentieren, müssten alle Ereignisse der Lieferung an einem Ort erfasst und gespeichert werden.[359] Bisher schrecken Unternehmen allerdings vor einer gemeinsamen Erfassung der Lieferkette zurück, weil es bedeutet, dass sie Informationen zu ihren Geschäftsprozessen einem anderen Unternehmen anvertrauen und sich auf dessen Sicherheitsvorkehrungen verlassen müssten. Ein einzelnes Unternehmen als zentrale Institution für Informationen aus Lieferketten hätte zudem tiefe Einblicke in die Geschäfte der handelnden Unternehmen und könnte versuchen, aus diesem Informationsvorsprung Profit zu schlagen.

Blockchain-Technologien können eine solche zentrale Institution überflüssig machen. Anstatt die Daten durch eine zentrale Institution sammeln und speichern zu lassen, speichern beteiligte Unternehmen die Informationen zu Prozessen der Lieferkette in einem digitalen Kassenbuch, der Blockchain. Die beteiligten Unternehmen können dabei selbst eine Kopie der Blockchain speichern, sodass die Daten nicht in einer zentralen Institution konzentriert sind. Gleichzeitig können die Zugriffsrechte der Blockchain klar geregelt werden, sodass für jede Lieferung nur beteiligte Unternehmen Einträge in der Blockchain speichern oder lesen können. Darüber hinaus verhindern technische Eigenschaften der Blockchain, dass Daten im Nachhinein manipuliert werden (vgl. Box B 3-3).

So ermöglichen die Blockchain-Technologien ein hohes Maß an Transparenz und Sicherheit der gespeicherten Daten und helfen, Hürden für eine bessere Nachverfolgung von Lieferketten abzubauen. In einem Pilotprojekt konnte gezeigt werden, dass nach Einführung einer Blockchain zur Nachverfolgung von Lieferketten die Herkunft abgepackten Obstes innerhalb von Sekunden anstatt von Tagen ermittelt werden konnte. Ein anderer Fall zeigte, wie erhöhte Transparenz die Transportzeit einer Sendung von Verpackungsmaterial zu einer Produktionslinie in den USA um 40 Prozent reduzieren konnte.[360]

Im August 2018 haben der Technologiekonzern IBM und die Containerschiffsreederei Maersk nach einem zwölfmonatigen Test eine Blockchain für Lieferketten vorgestellt. Zu diesem Zeitpunkt waren 94 Organisationen in das Projekt involviert, darunter verschiedene Hafenbetreiber, Reedereien, Zollbehörden und Logistikdienstleister.[361]

Abb B 3-2


So funktioniert eine Transaktion mit und ohne Blockchain-Technologie
Anton und Anna möchten eine Transaktion an Kim veranlassen
Anton
ohne Blockchain
Anton sendet den Auftrag an eine zentrale Institution, z.B. eine Bank.
mit Blockchain
Anna sendet den Auftrag an ein Blockchain-Netzwerk.
Anna
Ob die Transaktion zulässig ist, wird geprüft durch …
… die zentrale Institution anhand ihres zentral geführten Kassenbuchs.
… die Software der Blockchain.
Institution
Kassen-buch
oder ?
oder ?
Falls die Transaktion zulässig ist, wird …
… dem zentralen Kassenbuch ein Eintrag hinzugefügt.
Kassen-buch
… die Transaktion zusammen mit anderen legitimen Transaktionen in einem sogenannten Block gebündelt,
Block # 901
kryptografisch mit dem vorherigen Block verkettet
Block # 900
Block # 901
und an das gesamte Blockchain-Netzwerk kommuniziert.
Um zu überprüfen, ob die Transaktion ausgeführt wurde, …
Anton
oder ?
Institution
Kim
Anna
oder ?
Kim
… können Anton und Kim bei der zentralen Institution nachfragen.
… können Anna und Kim in der Blockchain nachsehen.

Ablauf der Transaktionen	Unterschiede zwischen den Transaktionen
Anton und Anna einigen sich jeweils mit Kim auf ein Geschäft, für das Kim 50 Euro bekommt. Anna führt die Transaktion über eine Blockchain aus, Anton über eine zentrale Instanz wie eine Bank.	Bei Transaktionen ohne Blockchain-Technologie muss man darauf vertrauen, dass die zentrale Institution die Transaktion verlässlich durchführt, Daten sicher verwahrt und nur für Zwecke verwendet, denen zugestimmt wurde. Für diese Dienste fallen mitunter hohe Gebühren an. Bei der Verwendung von Blockchain-Technologien muss man darauf vertrauen, dass die Technik der Blockchain einwandfrei funktioniert.
Anton beauftragt die Bank, 50 Euro an Kim zu überweisen. Die Bank prüft anhand ihres zentralen Kassenbuchs, ob die Transaktion zulässig ist. Anna sendet den Wert von 50 Euro über die Blockchain. Dort überprüfen Teilnehmende des Netzwerks, ob die Transaktion zulässig ist.	Bei Blockchain-Technologien ist klar festgelegt und einsehbar, welche Transaktionen zulässig sind. Bei Transaktionen ohne Blockchain-Technologie müssen die Nutzungsbedingungen der zentralen Institution interpretiert werden, um zu verstehen, welche Transaktionen legitim sind. Die zentrale Institution kann diese Bedingungen aber anders interpretieren und einseitig ändern. Die Computer des Blockchain-Netzwerks müssen einen Konsens bilden. Die dafür nötigen Konsensmechanismen können aber, wie im Fall der Bitcoin-Blockchain, sehr viel Energie verbrauchen.
Die Bank führt Antons Transaktion aus, belastet Antons Konto mit 50 Euro und schreibt Kim 50 Euro gut. Diese Transaktion wird im Kassenbuch verbucht. Annas Transaktion wird mit anderen Transaktionen in einem Block zusammengefasst, erhält einen digitalen Fingerabdruck, den sogenannten Hash, und wird dann an das gesamte Blockchain-Netzwerk kommuniziert. Der neue Block wird mit dem vorherigen Block verkettet, indem auf den Hash des Vorgängers verwiesen wird.	In einer Blockchain gespeicherte Transaktionen können später praktisch nicht verändert werden. Eine zentrale Institution hat dagegen die Möglichkeit, Transaktionen zu ändern oder zu löschen. Zudem kann ein erfolgreicher Cyberangriff auf eine zentrale Institution dazu führen, dass ihre Dienste nicht verfügbar sind. In einer Blockchain ist das Kassenbuch auf vielen verschiedenen Computern gespeichert, sodass die Daten auch dann verfügbar sind, wenn einige Computer ausfallen. Das Speichern einer Transaktion in einem zentralen Kassenbuch ist schnell und benötigt wenig Ressourcen. Das Speichern einer Transaktion in einer Blockchain benötigt mehr Ressourcen, weil die Transaktion an alle Computer im Netzwerk gesendet und von ihnen gespeichert wird. Hieraus entsteht u. a. ein höherer Speicherbedarf.
Um die Transaktion mit Anton zu prüfen, kann Kim in ihrem Bankkonto nachsehen. Um die Transaktion mit Anna zu prüfen, kann Kim den Block mit ihrer Transaktion einsehen.	Um den aktuellen Stand gespeicherter Transaktionen zu erfahren, muss erst eine Anfrage an die zentrale Institution gestellt werden. Die in einer Blockchain gespeicherten Transaktionen sind für die Teilnehmenden der Blockchain direkt einsehbar. Neben Transaktionen speichert eine zentrale Institution auch Daten ihrer Nutzerinnen und Nutzer wie Namen, Passwörter oder Kreditkartendaten. Zwar treffen diese Institutionen Vorkehrungen gegen Datendiebstahl, aber diverse Hacks zeigen, dass diese Vorkehrungen keine vollständige Sicherheit bieten.

Glossar:

Ein **Kassenbuch** erfasst und speichert (unter Umständen digital) Transaktionen. **Transaktionen** sind eine Abfolge von Schritten, die eine logische Einheit bilden. Sie können dabei ganz unterschiedliche Dinge umfassen: das Überweisen von Geld von einer Person an eine andere, aber auch Posts in sozialen Medien oder das Teilen von Informationen zwischen Unternehmen oder Behörden.

Eine **zentrale Institution** führt das Kassenbuch. Die zentrale Institution besitzt dabei die alleinige Kontrolle über das Erfassen und Speichern von Transaktionen. Beispiele sind Banken, Rechtsbeistände oder soziale Medien.

Ein **Netzwerk** besteht aus Computern, die miteinander verbunden sind und so Informationen austauschen können.

Eine **Blockchain** ist ein digitales Kassenbuch, das gleichzeitig auf vielen verschiedenen Computern gespeichert wird. Eine Blockchain besteht aus miteinander verketteten Blöcken.

Blöcke bündeln Transaktionen ähnlich wie auf einer Seite in einem Kassenbuch. Zusätzlich enthält jeder Block Informationen, um ihn unveränderbar mit dem vorherigen Block zu verbinden. Unveränderbar sind dabei sowohl die Transaktionen innerhalb eines Blocks als auch die Reihenfolge der Blöcke.

Konsens beschreibt eine Situation, in der sich alle Computer in Bezug auf den korrekten Stand der Blockchain und der in ihr gespeicherten Transaktionen einig sind.

Konsensmechanismen stellen sicher, dass Konsens zwischen den Computern hergestellt wird, selbst dann, wenn es Computer gibt, die das Netzwerk beispielsweise durch das Versenden falscher Informationen stören wollen.

Box B 3-3

Funktionsweise von Blockchain-Technologien

Blockchain ist eine Technologie für das digitale Speichern und Übertragen von Daten. Alle Transaktionen werden von vielen Computern[362] gespeichert und Informationen über neue Transaktionen werden zwischen den Computern des Blockchain-Netzwerks geteilt. Neue Transaktionen werden dabei in einem Block fester Größe zusammengefasst und kryptografisch mit allen vorherigen Blöcken zu einer Kette verknüpft (vgl. Abbildung B 3-2).[363]

In diesem Prozess gibt es keine zentrale Instanz, wie z.B. eine Bank, die die Korrektheit von Transaktionen prüft. Es wird damit ex-ante kein Vertrauen zwischen den Beteiligten vorausgesetzt. Dafür sorgen technische Funktionen und ökonomische Anreize.

Blockchains können entweder für jeden oder nur für einen bestimmten Teilnehmerkreis offen stehen. Beispiele für öffentliche (public) Blockchains sind die Ethereum- oder die Bitcoin-Blockchain.[364] In Konsortium-Blockchains hat nur eine bestimmte Gruppe von Personen die Berechtigung, Transaktionen zu speichern oder zu lesen. Hierzu können verschiedene Unternehmen zählen, die gemeinsam Transaktionen erfassen wollen, die nicht unbedingt für jeden öffentlich einsehbar sein sollen. In einer privaten Blockchain werden die Zugriffsrechte weiter eingeschränkt, sodass beispielsweise nur noch ein einzelnes Unternehmen Transaktionen in der Blockchain speichert.

Die hohe Sicherheit von Blockchains basiert u.a. auf der konsequenten Nutzung kryptografischer Verfahren. Sie werden genutzt, um sicherzustellen, dass die Identität der Transaktionspartner und die Transaktion selbst korrekt, d.h. nicht gefälscht sind, und um sicherzustellen, dass vergangene Transaktionen nicht geändert werden können.[365] Bei der Prüfung der Legitimität einer Transaktion wird u.a. sichergestellt, dass nur neue Transaktionen zur Blockchain hinzugefügt werden und die zu transferierenden Ressourcen vorhanden sind. Bereits gespeicherte Transaktionen können nicht manipuliert werden. Dadurch sind die Einträge in einer Blockchain unveränderbar. Dafür sorgen kryptografische Hashfunktionen, die den Transaktionen innerhalb eines Blocks einen Fingerabdruck, genannt Hash, zuweisen, der leicht zu verifizieren ist. Sollte nur ein Zeichen innerhalb der Transaktionen geändert werden, wäre offensichtlich, dass der Hash nicht korrekt ist. Die folgende Transaktion

Anna sendet 50 Euro an Kim.

erhält durch die Hashfunktion SHA-256 den Hash

e9b0e3904ff051f9e0810919afdd0a4ef963cfd79eaa2521b182e47531c2ec31.

Dieser Hash ist im originalen Block mit der Transaktion von Anna und Kim gespeichert. Sollte Anna die Transaktion nachträglich ändern und stattdessen Anne belasten wollen, bekäme

Anne sendet 50 Euro an Kim.

durch dieselbe Hashfunktion den Hash

f8aeab70bc377cea5af3916c70643cd2da3d81869965a14a9837f240f9d9a518.

Damit würde ein offensichtlicher Konflikt zu dem Hash entstehen, der in dem originalen Block gespeichert ist. Darüber hinaus enthält der nachfolgende Block den Hash seines Vorgängers als Referenz – das ist die sogenannte Verkettung der Blöcke. Deshalb kann die Manipulation einer Transaktion nur erfolgreich sein, wenn alle nachfolgenden Blöcke ebenfalls geändert werden können.

Aus diesem Grund ist die Legitimierung neuer Blöcke durch die Computer des Blockchain-Netzwerks von besonderer Bedeutung. Die Regeln dafür fassen sogenannte Konsensmechanismen zusammen. Die Wahl des Konsensmechanismus hängt vor allem auch von den Zugriffsrechten der Computer des Netzwerks ab. In einer Konsortium-Blockchain, in der sich die Teilnehmenden kennen, kann die Sicherheit und Verlässlichkeit auch außerhalb der Blockchain durchgesetzt werden. Das ermöglicht den Einsatz von Konsensmechanismen, die beispielsweise auf Mehrheitswahl basieren. Im Gegensatz dazu agieren die Nutzerinnen und Nutzer öffentlicher Blockchains weitgehend anonym. Dadurch kann die Sicherheit einer solchen Blockchain nicht außerhalb der Blockchain durchgesetzt werden, sondern muss

integriert sein. Auch hierfür gibt es unterschiedliche Ansätze wie zum Beispiel Proof-of-Work (PoW) oder Proof-of-Stake (PoS). Sie vereint, dass ökonomische Anreize genutzt werden, um Fehlverhalten, wie das Bestätigen nicht legitimer Blöcke, finanziell zu bestrafen.

Um einen neuen Block zu erstellen, muss bei PoW eine rechenintensive kryptografische Aufgabe gelöst werden. Dieser Prozess wird Mining genannt. Die Aufgabe besteht darin, eine Zahl, genannt Nonce, zu finden, sodass der Hash des Blocks mit einer bestimmten Anzahl von Nullen beginnt. Die Nonce wird, genauso wie der Zielwert für die Anzahl von Nullen, ebenfalls im Block gespeichert. So kann direkt nachgeprüft werden, ob die Arbeit zur Erstellung des Blocks tatsächlich geleistet wurde – daher der Name Proof-of-Work (Nachweis geleisteter Arbeit). Der Miner, der als Erster einen korrekten Block erstellt und eine passende Nonce gefunden hat, bekommt als Belohnung einen Betrag der entsprechenden Blockchain-Währung, zum Beispiel Bitcoin.

Der Rechenaufwand zur Lösung dieser kryptografischen Aufgabe führt zu einem hohen Stromverbrauch. Die Stromkosten bilden einen ökonomischen Anreiz, der verhindert, dass viele neue Blöcke der Blockchain generiert werden, um eine frühere Transaktion in der Blockchain zu manipulieren. Der Anreiz zur Manipulation ergibt sich dabei aus dem Abwägen des Profits einer Manipulation und den damit einhergehenden Kosten – hier den Kosten für Strom und Computer – für das Mining.

PoW ist ein sehr sicherer Konsensmechanismus, der die Regeln einer Blockchain auch durchsetzen kann, wenn die Teilnahme am Netzwerk nicht eingeschränkt ist und somit auch fehlerhafte Computer oder Teilnehmende mit betrügerischen Absichten Teil des Netzwerks sein können. Allerdings ist der damit einhergehende Stromverbrauch so hoch, dass die Bitcoin-Blockchain 2018 etwa so viel Energie verbrauchte wie das Land Österreich.[366]

Eine Alternative zu PoW in öffentlichen Blockchains besteht im Konsensmechanismus PoS. PoS verbraucht deutlich weniger Energie als PoW und schafft Anreize gegen Fehlverhalten, indem für das Validieren von Blöcken ein Pfand hinterlegt werden muss.

Nachdem ein neuer Block erstellt wurde, muss er an das gesamte Netzwerk gesendet und von den teilnehmenden Computern gespeichert werden. Dieser Prozess ist deutlich aufwendiger als das Speichern einer Transaktion in einem zentralen Kassenbuch, weil er bei allen Computern im Netzwerk wiederholt werden muss. Durch den Verzicht auf einen zentralen Speicher ist die Blockchain dann allerdings auch weniger anfällig für eine Störung.

Neben der grundlegenden Funktionsweise von Blockchain-Technologien existieren diverse Erweiterungen mit unterschiedlichem Reifegrad. Ziele aktueller Entwicklungen sind beispielsweise die Erhöhung des Transaktionsdurchsatzes[367] oder die Herstellung einer Verbindung zwischen verschiedenen Blockchains. Eine andere Erweiterung hat mit der Einführung der Ethereum-Blockchain bereits Einzug gehalten: die automatische Ausführung von Prozessen auf der Blockchain durch sogenannte Smart Contracts. Smart Contracts sind Computerprogramme, die ebenfalls in der Blockchain gespeichert sind.[368] Sie ermöglichen beispielsweise die Ausführung von Wenn-Dann-Beziehungen wie „Wenn Kim den Einkauf beim Gummibärenwerksverkauf an Anna liefert, dann werden 50 Euro von Anna an Kim transferiert". Smart Contracts haben das Potenzial, Transaktionskosten zu reduzieren, indem sie die Bedingungen für Transaktionen formalisieren und bei Erfüllung automatisch durchführen. Daraus ergibt sich eine weitere Motivation, auf zentrale Institutionen zu verzichten.

Diebstählen von Kryptowährungen, die sich im ersten Halbjahr 2018 auf fast eine Milliarde Euro belaufen haben sollen.[369] Die Sicherheitsvorkehrungen der Blockchain-Technologien werden bei diesen Diebstählen allerdings meist nicht überwunden. Diese Diebstähle erfolgen häufig auf zentralen Börsen für Kryptowährungen.[370] Dennoch gab es in der Vergangenheit wiederholt Fälle, in denen kleine Blockchain-Netzwerke, also Blockchains, in der die Miner (vgl. Box B 3-3) relativ wenig Rechenleistung besitzen, Opfer von sogenannten 51-Prozent-Angriffen wurden.[371] Blockchains, die über Netzwerke mit hoher Rechenleistung verfügen, haben eine deutlich geringere Wahrscheinlichkeit, Opfer eines 51-Prozent-Angriffs zu werden. Die Sicherheit von Blockchain-Anwendungen (vgl. auch Box B 3-3) ist ein wichtiger Grund für ihre Nutzung. Der Eindruck, Blockchain-Technologien seien nicht sicher, kann deshalb einen negativen Einfluss auf ihre Verbreitung haben.

Eine wichtige Unterscheidung muss zwischen einer Blockchain wie Ethereum als Infrastruktur und den Anwendungen, die auf ihr aufbauen, getroffen werden. Dieser Unterschied ist vergleichbar mit dem Unterschied zwischen den Internetprotokollen TCP/IP und Anwendungen, wie dem World Wide Web mit seinen Internetseiten oder E-Mail, die diese Infrastruktur nutzen. Dezentrale Anwendungen, die auf einer Blockchain aufbauen, werden dApps (Decentralized Applications) genannt. dApps ermöglichen beispielsweise als Browser oder Wallet die Interaktion mit einer Blockchain. Darüber hinaus stellen sie Anwendungen wie soziale Netzwerke, Handelsplattformen oder Identitätsmanagement zur Verfügung. dApps ermöglichen so die Nutzung von Blockchain-Technologien auch ohne tiefgehende technische Kenntnisse, generieren zusätzliche Funktionalität für Nutzerinnen und Nutzer und können damit die Verbreitung der Technologie unterstützen.

Zu den wichtigsten Akteuren des Blockchain-Ökosystems gehören: Institutionen, die hinter bestimmten Blockchains stehen, wie z. B. die Ethereum Foundation; Miner, die bei Proof-of-Work-Blockchains das Validieren neuer Blöcke übernehmen; Unternehmen, die Anwendungen auf der Basis von Blockchain-Technologien anbieten; sowie Unternehmen, die komplette Blockchain-Lösungen bereitstellen. Zu letztgenannter Gruppe gehören große Technologiekonzerne wie IBM, Amazon, SAP oder Microsoft, die Blockchain-Lösungen als Software-as-a-Service anbieten.

Start-ups, die Blockchain-Anwendungen oder Blockchain-Infrastruktur entwickeln, haben in der Vergangenheit häufig ein neues Finanzierungsinstrument genutzt, das sogenannte Initial Coin Offering (ICO). Bei einem ICO werden digitale Wertmarken, sogenannte Token, verkauft, die später zum Beispiel genutzt werden können, um die Dienste der Blockchain-Anwendung in Anspruch zu nehmen. Daneben ergänzen klassische Finanzierungsrunden über Wagniskapital die Finanzierung von Blockchain-Unternehmen.

Blockchain-Anwendungen generieren Einnahmen über Nutzungsgebühren, sogenannte Freemium-Modelle oder Abonnements für Nutzerinnen und Nutzer. Miner erhalten für ihre Arbeit einen Erlös in der Kryptowährung der Blockchain, für die sie einen Block bestätigt haben.

Anwendungen und Potenziale von Blockchain-Technologien (B 3–3)

Blockchain-Anwendungen finden sich in vielen Bereichen. Die Motivation für den Einsatz oder die Erprobung von Blockchain-Technologien ist häufig eine Kombination aus drei verschiedenen Beweggründen: i) Absicherung von Transaktionen, ii) Automatisierung von Transaktionen, iii) dezentrale Datenhaltung und Zugriffsmanagement.

Der Einsatz von Blockchain-Technologien in internationalen Lieferketten (vgl. Box B 3-1) ist ein Beispiel für unternehmensübergreifende und damit dezentrale Datenhaltung. Auch Behörden können durch Blockchain-Technologien den Informationsaustausch intensivieren, Prozessschritte automatisieren und dadurch die behördliche Zusammenarbeit verbessern. Ein erfolgreiches Beispiel für den Einsatz im Rahmen des Asylprozesses wird in Box B 3-5 beschrieben.

Die Nutzung von Blockchain-Technologien durch Aufsichtsbehörden und Unternehmen kann auch zu höherer Transparenz und niedrigeren Kosten für die Erfüllung der Transparenzanforderungen führen. Das hat ein Pilotprojekt der britischen Finanzmarktaufsicht FCA in Zusammenarbeit mit zwei global agierenden Banken[372] gezeigt. Die beteiligten Banken konnten den Berichtspflichten bei Immobilienkrediten deutlich einfacher nachkommen als zuvor.[373] So wendeten Banken und Aufsichtsbehörde bisher

bis zu vier Wochen für die Datenaufbereitung und -bereitstellung auf. Durch den Einsatz von Blockchain-Technologien konnte der zeitliche Aufwand des Berichtswesens deutlich reduziert werden. Darüber hinaus ermöglicht dieser neue Ansatz Berichte nahezu in Echtzeit, wohingegen bisherige Berichte höchstens quartalsweise zur Verfügung standen.[374]

Daten, die in Blockchains gespeichert werden, können nicht gelöscht oder verändert werden. Deshalb eignen sich Blockchain-Technologien, um Informationen beweisbar und somit vertrauenswürdig zu machen.[374] So wird der Aspekt der Unveränderbarkeit von Daten eingesetzt, um steuerrelevante Informationen, wie z. B. Rechnungen im Onlinehandel, fälschungssicher abzulegen. In der medizinischen Forschung findet dieser Aspekt bei der Absicherung von automatisiert generierten Daten aus Analysesystemen Anwendung. Damit kann eine Manipulation der Daten ausgeschlossen werden.[376]

Box B 3-4

Governance von Blockchains

Governance beschreibt, wie eine Organisation – hier eine Blockchain und ihre Stakeholder – gesteuert oder geregelt wird. Für Blockchains umfasst die Governance das Regelwerk, das im Protokoll der Blockchain enthalten ist und oft als On-Chain-Governance beschrieben wird. Zur On-Chain-Governance gehört z.B. auch der Konsensmechanismus (vgl. Box B 3-3). Daneben enthält die Off-Chain-Governance u.a. Entscheidungsregeln für die Anpassung des Blockchain-Protokolls oder Kriterien für die Auswahl derjenigen, die Transaktionen validieren, falls diese Gruppe eingeschränkt ist. Im Gegensatz zu Elementen der On-Chain-Governance sind Elemente der Off-Chain-Governance mitunter nicht niedergeschrieben, sondern ergeben sich aus der gelebten Praxis. Im Fall von öffentlichen Blockchains etabliert sich beispielsweise oft eine Meinungsführerschaft von prominenten Personen der Blockchain-Entwicklergemeinschaft.

Für die Realisierung der Nutzenpotenziale von Blockchain-Technologien kann die Ausgestaltung der Governance eine wichtige Rolle spielen. So wird mit der Nutzung von Blockchain-Technologien häufig das Ziel verfolgt, die Abhängigkeit von einem Intermediär oder einer zentralen Instanz zu verringern. Allerdings garantiert die Nutzung von Blockchain-Technologien nicht zwangsläufig den Verzicht auf zentrale Instanzen. Diese Rezentralisierung von Blockchain-Technologien kann sich aus der Governance der Blockchain ergeben, wenn prominente Personen eine Meinungsführerschaft etablieren konnten oder in privaten Blockchains eine geschlossene Gruppe von Akteuren für das Validieren von Transaktionen zuständig ist.

Darüber hinaus besteht ein Zielkonflikt zwischen einer wenig strikten Governance On- und Off-Chain und der Sicherheit von Blockchains. Es bedarf zumindest entweder einer strikten On-Chain-Governance oder einer strikten Off-Chain-Governance. Öffentliche Blockchains, in denen alle (zumeist anonymen) Personen Transaktionen validieren dürfen, verfügen deshalb meist über Proof-of-Work als Konsensmechanismus, um für die Einhaltung der Regeln der Blockchain zu sorgen (vgl. Box B 3-3). Öffentliche Blockchains hingegen, bei denen Transaktionen nur von Teilnehmenden validiert werden, deren Identität bekannt ist, können auf andere Konsensmechanismen zurückgreifen, weil die Einhaltung der Regeln auch außerhalb der Blockchain durchgesetzt werden kann. Dadurch können Nachteile von Proof-of-Work, z.B. der hohe Energieverbrauch, vermieden werden. Öffentliche Blockchains, bei denen alle Personen Transaktionen validieren dürfen, werden öffentliche und genehmigungsfreie Blockchains genannt. Dagegen werden öffentliche Blockchains, bei denen nur bestimmte Personen Transaktionen validieren dürfen, öffentliche und genehmigungsbasierte Blockchains genannt.

Öffentliche und genehmigungsbasierte Blockchains bieten darüber hinaus die Möglichkeit, für alle validierenden Personen (oder Organisationen) offen zu sein, die bestimmte objektive Kriterien erfüllen. Zu solchen Kriterien können beispielsweise die Geschäftstätigkeit in einem bestimmten Wirtschaftsbereich gehören – wie bei der Energy Web Foundation[377] – oder die Eigenschaft, einer Organisation, nicht gewinnorientiert zu agieren – wie bei der Interplanetary Database[378] (IPDB). Eine solche Auswahl der Teilnehmenden kann transparente Governancestrukturen fördern, ohne die Rezentralisierung der Blockchain über eine geschlossene Gruppe der Validierenden nach sich zu ziehen.

Box B 3-5

Der Einsatz von Blockchain-Technologie in Asylverfahren

Blockchain-Technologie wurde bereits erfolgreich im Rahmen eines Proof-of-Concept für den zuverlässigen und zügigen Austausch von Informationen in Asylprozessen eingesetzt.[379] Dabei wird der Informationsaustausch zwischen Aufnahmeeinrichtung, Bundesamt für Migration und Flüchtlinge (BAMF) und Ausländerbehörde unterstützt. Die Evaluation zeigt „deutliche Vorteile in den Kategorien Prozesstreue, -transparenz und -effizienz".[380]

Im Asylprozess werden Asylsuchende in einer Erstaufnahmeeinrichtung registriert und einer Aufnahmeeinrichtung zugeordnet. Falls die Antragstellung rechtmäßig erfolgt, findet im Anschluss eine Anhörung durch das BAMF statt. Falls das BAMF positiv über den Asylantrag entscheidet, stellt die Ausländerbehörde eine Aufenthaltserlaubnis aus. Damit dieser Prozess zuverlässig und schnell durchlaufen werden kann, müssen die verschiedenen Behörden stets den Vorgaben für Asylverfahren folgen und über den aktuellen Informationsstand eines Asylprozesses verfügen. In beiden Aspekten sorgt die Blockchain-Technologie für eine Verbesserung gegenüber der aktuellen Situation.

Durch die dezentrale Speicherung der Daten (vgl. Box B 3-3) liegt der aktuelle Status eines Asylprozesses den beteiligten Behörden jederzeit vor. So können die Daten aus verschiedenen Systemen der Behörden – wie dem Workflow- und Dokumentenmanagementsystem des BAMF oder den Personalisierungsinfrastrukturkomponenten der Erstaufnahmeeinrichtungen – integriert und allen beteiligten Behörden zur Verfügung gestellt werden. Darüber hinaus können durch die in der Blockchain hinterlegten Smart Contracts (vgl. Box B 3-3) Prozesse automatisiert und Abweichungen von den vorgesehenen Prozessen vermieden bzw. vollständig dokumentiert werden. Wartezeiten zwischen behördlichen Arbeitsschritten werden minimiert, der Gesamtprozess wird deutlich zuverlässiger.[381]

Die im Proof-of-Concept analysierte Architektur einer Blockchain für den Asylprozess wird seit August 2018 in einem Pilotprojekt des BAMF, der Ausländerbehörde und des AnkER-Zentrums Dresden umgesetzt.

Ein Beispiel für die Automatisierung von Prozessen durch Smart Contracts ist der Bereich Versicherungen. So bietet eine große internationale Versicherungsgesellschaft auf der Basis von öffentlich zugänglichen Informationen zu Flugdaten eine Versicherung gegen Flugverspätungen an. Die Bearbeitung eines Versicherungsfalls erfolgt dabei vollkommen automatisch und anhand eines einsehbaren Smart Contract, sobald Flugverspätungen auftreten.[382] Neben Versicherungen werden die Blockchain-Technologien für weitere Anwendungen mit Bezug zu finanziellen Transaktionen verwendet, so z. B. als Zahlungsinfrastruktur zwischen Banken.[383]

Verschiedene europäische Länder[384] erproben die Nutzung Blockchain-basierter Grundbücher. Auf dieser Grundlage können Prozesse wie das Anfordern eines Grundbuchauszugs oder das Erstellen eines Grundbucheintrags automatisiert werden. Intermediäre wie Notariate oder Banken wären für diese Aufgabe dann nicht mehr im bisherigen Umfang erforderlich und der administrative Aufwand für das Führen eines Grundbuchs könnte reduziert werden. In Ländern ohne funktionierendes Grundbuch kann so ein verlässliches Immobilienregister aufgebaut werden, selbst wenn das Vertrauen in staatliche Instanzen beschädigt ist.[385]

Blockchain-Technologien können auch für digitale Schlüssel eingesetzt werden, die nicht kopiert werden können – beispielsweise zu Wohnungen, Häusern oder Fahrzeugen. Für die Anwendung als Schloss kann die Besitzerin oder der Besitzer einen Smart Contract auf der Blockchain nutzen, der Voraussetzungen für das Öffnen des Schlosses definiert. Hierzu können das Hinterlegen einer Kaution und das Begleichen der Miete gehören. Die Mieterin oder der Mieter kann sich dann per Smartphone am Schloss identifizieren und erhält Zugriff, falls in der Blockchain hinterlegt ist, dass die nötigen Bedingungen erfüllt sind.[386]

Diese Anwendungen zeigen, dass verschiedene Akteure derzeit Blockchain-Technologien entwickeln, erproben und in marktreife Produkte überführen. Sie bilden aber nur einen kleinen Teil der Bereiche ab, in denen Blockchain-Technologien angewendet werden können. Das Potenzial von Blockchains kann

über die genannten Anwendungen weit hinausgehen, weil Blockchain-Technologien zu radikalen Veränderungen in bestehenden Industrien führen. So können in der Energiewirtschaft Blockchain-Technologien genutzt werden, um die Kosten des Betriebs eines Stromnetzes transparent zu erfassen und so Netzentgelte verursachergerecht und effizient zu erheben. Box B 2-7 beschreibt diese Anwendungen von Blockchain-Technologien für die Energiewirtschaft.

Noch grundlegender ist aber, dass Blockchain-Technologien die Art und Weise verändern, wie Daten gespeichert werden. Daten können mittels Blockchain-Technologien sicher dezentral gespeichert werden. Auf dieser Grundlage entsteht die Möglichkeit, die Kontrolle über die eigenen Daten zu behalten und nicht an zentrale Institutionen wie große Internetunternehmen zu verlieren. Hieraus erwächst die Hoffnung, dass Bürgerinnen und Bürger sowie Unternehmen ihre Daten stärker als bisher zugänglich machen und kontrolliert nutzen lassen können.[387]

Mit einer dezentralen Datenhaltung wird letztlich auch die Hoffnung verbunden, die Marktkonzentration in datengetriebenen Industrien zu verringern und Markteintrittsbarrieren abzubauen. So können Blockchain-Technologien zu erheblichen Veränderungen der Marktstrukturen führen und radikale Veränderungen auslösen.

Trotz etlicher vielversprechender Anwendungen und disruptiver Potenziale ist derzeit aber noch offen, ob sich Blockchain-Technologien zukünftig als Querschnittstechnologie etablieren können. Ob die damit verbundenen Erwartungen realisierbar sind, hängt maßgeblich von der Governance der Blockchains ab (vgl. Box B 3-4).

B 3-4 Blockchain-Standort Deutschland

Deutschland verfügt über eine aktive Entwicklergemeinschaft, die an Blockchain-Technologien arbeitet. Fast die Hälfte der deutschen Blockchain-Start-ups ist in Berlin zu finden.[388] Mit dieser Konzentration an Entwicklungstätigkeit ist Deutschland und vor allem Berlin nach Einschätzung von Fachleuten ein Standort mit internationaler Bedeutung für Blockchain-Technologien.[389] In Berlin gibt es eine hohe Konzentration von Entwicklerinnen und Entwicklern, die an der Blockchain-Infrastruktur arbeiten.[390] Bedeutende Organisationen hierfür sind u. a. die Web3 Foundation, die die Entwicklung eines dezentralen Internets fördert, die Energy Web Foundation, die eine offene Blockchain-Technologie für Energiemärkte erarbeitet, oder die IOTA Foundation mit Blockchain-Technologie für IoT-Anwendungen. Eine besondere Rolle kommt der Ethereum-Foundation[391] zu, da Ethereum derzeit einen Quasi-Standard in der Blockchain-Gemeinschaft darstellt.[392]

Eine präzise Einschätzung zur Leistungsfähigkeit Deutschlands im internationalen Vergleich ist allerdings kaum möglich. Hierfür gibt es verschiedene Gründe. So sind die Entwicklungstätigkeiten und Ziele sehr heterogen. Entwicklungen der grundlegenden Infrastruktur von Blockchains, wie beispielsweise durch die Ethereum Foundation, erfolgen oft als Open Source Software durch eine Gruppe von Entwicklerinnen und Entwicklern. Die Zusammenarbeit dieser Personen findet dabei oft über Ländergrenzen hinweg statt und lässt sich dadurch nur schwer einem Standort zuschreiben. Gleichzeitig entzieht sich die Arbeit an Open Source Software aber einem Vergleich von Entwicklungsaktivitäten auf der Grundlage einer Analyse von Patentzahlen, weil Open Source Software nicht patentiert wird. In einem anderen Ansatz wird versucht, über Ländergrenzen hinweg die Anzahl von Blockchain-Start-ups zu vergleichen.[393]Allerdings sind solche Listen, insbesondere im internationalen Vergleich, oft unvollständig und ergeben so ein potenziell verzerrtes Bild über die internationale Verteilung von Blockchain-Start-ups.

Dennoch bleibt festzustellen, dass Deutschland sich in einem dynamischen Wettbewerb befindet und andere Standorte an Attraktivität gewinnen können. So erfolgten die weltweit größten Initial Coin Offerings (ICOs), ein Finanzierungsinstrument von Start-ups mit Blockchain-Bezug, nicht in Deutschland.[394] Von den 20 weltweit größten ICOs erfolgte bislang nur eines in einem europäischen Land, nämlich der Schweiz. Eines dieser Start-ups, Tezos, arbeitet beispielsweise an einer Blockchain-Technologie, bei der jede Nutzerin bzw. jeder Nutzer ein Mitspracherecht bei der weiteren Entwicklung der Technologie besitzt.

B 3-5 Hemmnisse für die Verbreitung von Blockchain-Technologien

Derzeit gibt es noch Hemmnisse für die weitere Entwicklung von Blockchain-Technologien und die Realisierung der Nutzenpotenziale in Wirtschaft und Gesellschaft. Diese Hemmnisse liegen vor allem in

den Bereichen Technologieentwicklung, Regulierung und Rechtsprechung sowie politische und gesellschaftliche Akzeptanz.

So stehen beispielsweise technologische Lösungen für eine höhere Skalierbarkeit öffentlicher Blockchains bisher noch aus. Außerdem verwenden populäre Blockchains wie Bitcoin oder Ethereum derzeit energieintensive PoW-Konsensmechanismen, die auch mit hohen negativen Klima-Externalitäten einhergehen (vgl. Box B 3-3).[395]

Deutschland hat in Zusammenhang mit rechtlichen und regulatorischen Rahmenbedingungen für den Einsatz von Blockchain-Technologien weitestgehend einen abwartenden und beobachtenden Ansatz[396] gewählt. Unsicherheit besteht derzeit insbesondere in der Anwendung der Datenschutz-Grundverordnung im Kontext von Blockchain-Technologien, der Klassifizierung von ICOs, der Besteuerung von Kryptowährungen und des Einsatzes von Blockchain-Technologien in regulierten Märkten wie der Energiewirtschaft.[397] Um diese Unsicherheit zu reduzieren, müssen qualifizierte Ansprechpersonen in Politik, Ministerien und Behörden verfügbar sein und kommunikative Hürden zwischen Politik und Verwaltung auf der einen und der Blockchain-Gemeinschaft auf der anderen Seite abgebaut werden.[398] Zusätzlich bestehen Hürden auf Seiten der potenziellen Nutzerinnen und Nutzer von Blockchain-Technologien. Zu abstrakte oder technische Darstellungen der Technologie in Verbindung mit wenigen verfügbaren Anwendungen stehen derzeit einem breiten Verständnis für das Nutzenpotenzial von Blockchain-Technologien entgegen.

B 3-6 Handlungsempfehlungen

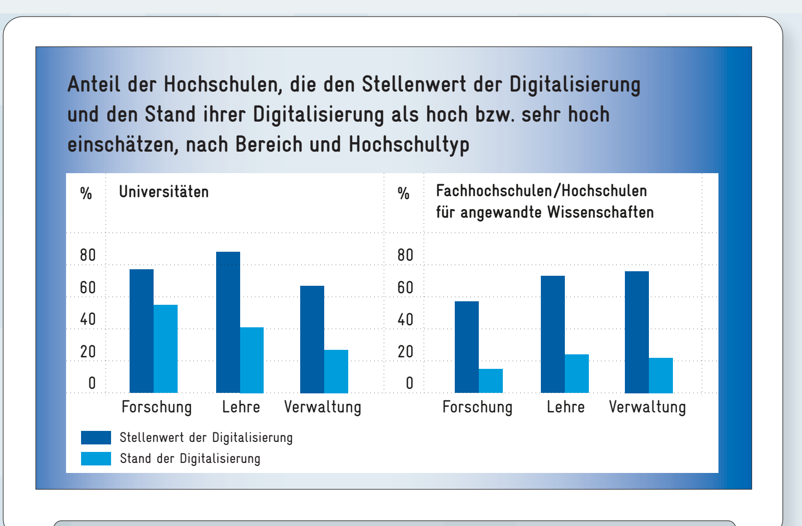
Die Expertenkommission sieht in Blockchain-Technologien hohe Nutzenpotenziale für Unternehmen, Bevölkerung und Verwaltung. Um diese Potenziale zu realisieren, empfiehlt die Expertenkommission der Bundesregierung die folgenden Maßnahmen:

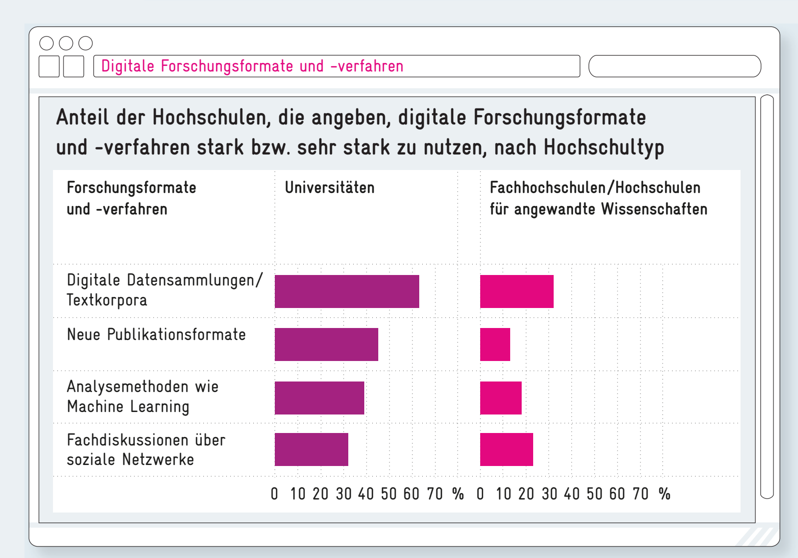
- Die geplante Blockchain-Strategie der Bundesregierung sollte eine Analyse von Stärken und Schwächen des Blockchain-Standorts Deutschland enthalten. Dazu gehören Analysen von aktuellen rechtlichen und regulatorischen Rahmenbedingungen, die innovationshemmend sind.
- Die Strategie sollte Vorschläge für Reallabore enthalten, in denen Lösungen für die identifizierten Hemmnisse getestet werden können, um nötige Anpassungen der Rechtslage vorzubereiten.
- Die Strategie sollte Schnittstellen mit anderen digitalpolitischen Strategien der Bundesregierung wie der KI-Strategie oder der Umsetzungsstrategie Digitalisierung benennen. Ebenso sind Verbundeffekte der unterschiedlichen Strategien zu identifizieren und zu nutzen.
- Weiterhin sind rechtliche Unsicherheiten für Unternehmen zu reduzieren, indem ein Kompetenzaufbau für Ansprechpersonen in Ministerien und Behörden gefördert wird. Dieser Kompetenzaufbau sollte auch genutzt werden, um Konzepte zur Nutzung von Blockchain-Technologien in der Verwaltung zu analysieren und, wo sinnvoll, Pilotprojekte zu starten.
- Schließlich sollten Bürgerinnen und Bürger sowie Unternehmen über Vor- und Nachteile von Blockchain-Technologien informiert werden, um sie zu einem souveränen Umgang mit Blockchain-Anwendungen zu befähigen.

B 4 Digitalisierung der Hochschulen

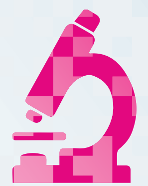
Die deutschen Hochschulen messen ihrer Digitalisierung eine sehr hohe Bedeutung bei. Dies spiegelt sich im bisher erreichten Digitalisierungsstand von Forschung, Lehre und Verwaltung jedoch nicht wider. Es bestehen damit deutliche Entwicklungspotenziale für die weitere Digitalisierung der deutschen Hochschulen.







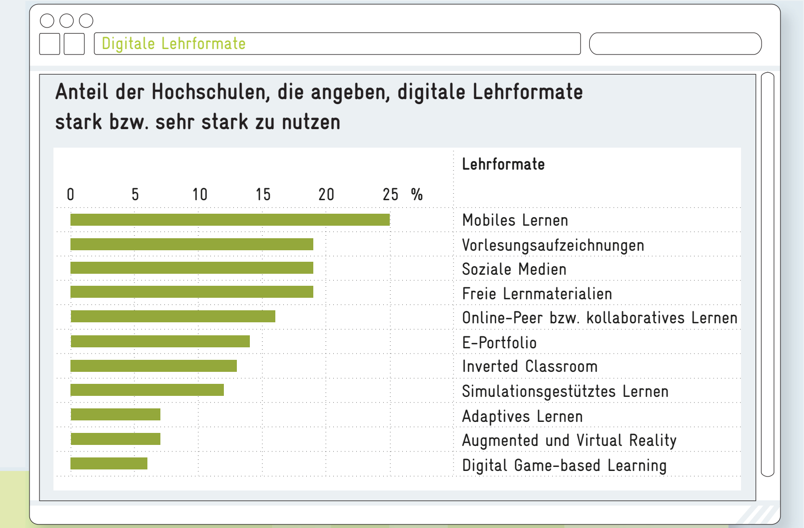
Als Digitalisierung der Forschung wird die zunehmende Anwendung computergestützter Verfahren und die systematische Verwendung digitaler Ressourcen in der Forschung bezeichnet.



Quelle: Die Angaben im Glossar und den Abbildungen beziehen sich auf Gilch et al. (2019).

Als Digitalisierung der Lehre wird die Durchdringung von Lehr- bzw. Lernprozessen mit digitalen Komponenten und Lernwerkzeugen bezeichnet.





Glossar Lehre

Mobiles Lernen
Als Mobiles Lernen werden alle Lernprozesse mit mobilen, portablen Endgeräten bezeichnet.

Freie Lernmaterialien (Open Educational Resources, OER)
Freie Lernmaterialien sind Lehr-Lern-Materialien, die keiner Schutzfrist unterliegen oder mit einer freien Lizenz bereitgestellt werden.

Online-Peer- bzw. kollaboratives Lernen
Als Online-Peer- bzw. kollaboratives Lernen werden Lernformen bezeichnet, bei denen mindestens zwei Studierende ihr Wissen und ihre Erfahrungen online miteinander austauschen und gemeinsam Probleme lösen.

E-Portfolio
E-Portfolios sind digitale Sammlungen von Lernprozess-Dokumentationen und Lernprodukten. Sie dienen dazu, den Lernprozess abzubilden, zu veranschaulichen und zu evaluieren.

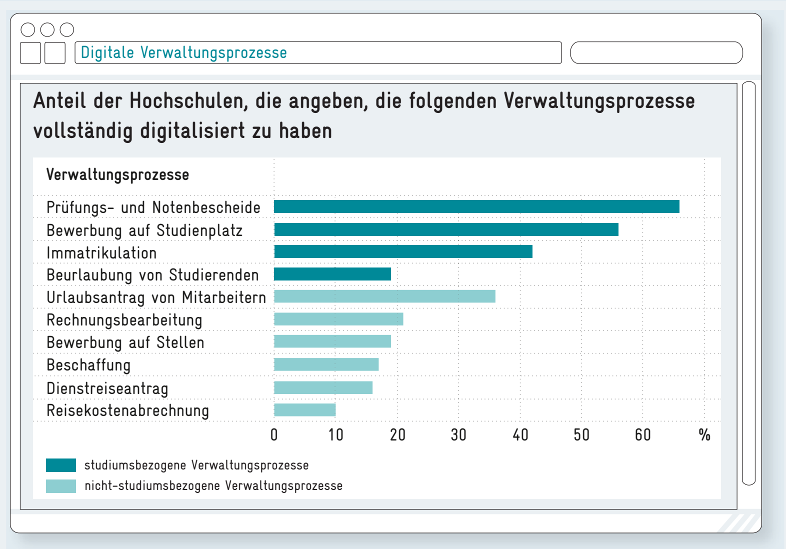
Inverted Classroom
Beim Inverted Classroom wird die Stoffvermittlung in das Selbststudium überführt und in der Regel durch Online-Tools und -Ressourcen umgesetzt. In dazwischengeschalteten Präsenzphasen werden ausgewählte Inhalte aufgegriffen und vertieft, die den Studierenden im Selbststudium Probleme bereitet haben.

Simulationsgestütztes Lernen
Bei Simulationen handelt es sich um interaktive Visualisierungen, die einen Sachverhalt im Rahmen eines Modells in vereinfachter Form darstellen und dadurch Ursache-Wirkungszusammenhänge veranschaulichen können.

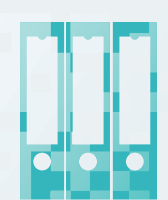
Adaptives Lernen
Adaptives Lernen ist das Lernen mithilfe von Lernumgebungen, die Lerninhalte an individuelle Bedürfnisse anpassen und bestimmte Lerninhalte nach vorgegebenen Kriterien freischalten.

Augmented und Virtual Reality
Bei Augmented Reality handelt es sich um die visuelle Einblendung ergänzender Informationen zu Objekten der realen Umgebung. Als Virtual Reality wird dagegen das vollständige Eintauchen in eine virtuelle Umgebung bezeichnet.

Digital Game-based Learning
Digital Game-based Learning, d.h. das auf Spielen basierende Lernen, ist eine digitale Variante der Lernspiele. Dabei werden Lernspiele eingesetzt, die inhaltlich und strukturell nach pädagogischen Gesichtspunkten gestaltet sind und für die vorab Lernergebnisse definiert wurden.



Als Digitalisierung der Verwaltung wird die Umsetzung von Verwaltungsabläufen in einen digital vernetzten Prozess bezeichnet.



B 4 Digitalisierung der Hochschulen

Die Digitalisierung der Hochschulen ist für den F&I-Standort Deutschland von zentraler Bedeutung. In ihrer Doppelrolle als Bildungs- und Forschungseinrichtungen sind Hochschulen dafür verantwortlich, akademische Fachkräfte für eine zunehmend digitalisierte Welt auszubilden und das Potenzial der Digitalisierung für international anschlussfähige Forschungs- und Innovationsaktivitäten zu nutzen. Nachdem sich die Expertenkommission 2018 mit der digitalen Bildung befasst hat,[399] untersucht sie in diesem Kapitel, in welchem Maß Hochschulen digitale Prozesse in der Forschung, Lehre und Verwaltung einsetzen und mit welchen Herausforderungen sie sich konfrontiert sehen.

B 4-1 Stand der Digitalisierung an deutschen Hochschulen

Die deutschen Hochschulen messen gemäß einer von der Expertenkommission in Auftrag gegebenen Befragung ihrer Digitalisierung eine sehr hohe Bedeutung bei. 83 Prozent der teilnehmenden Hochschulen geben an, dass das Thema für sie einen hohen bis sehr hohen Stellenwert einnimmt.[400] Dies spiegelt sich im bisher erreichten Digitalisierungsstand von Forschung, Lehre und Verwaltung jedoch nicht wider (vgl. Infografik). Es bestehen damit deutliche Entwicklungspotenziale für die weitere Digitalisierung der deutschen Hochschulen.

Digitalisierung als Herausforderung für Hochschul-Governance

Die Digitalisierung von Forschung, Lehre und Verwaltung ist für die Hochschulen eine große Herausforderung. Im Vergleich zu Wirtschaftsorganisationen gibt es hochschulspezifische Aspekte, die den Digitalisierungsprozess verzögern. Nach Einschätzung der Imboden-Kommission ist die Governance vieler deutscher Universitäten durch mangelnde Effizienzorientierung gekennzeichnet.[401] Darüber hinaus leiden die Hochschulen seit Jahren unter einer strukturellen Unterfinanzierung, die Investitionen in Digitalisierungsprozesse erschwert.

Neben diesen internen Problemen sind die Hochschulen mit zahlreichen Anforderungen von außen konfrontiert – z. B. mit steigenden Studierendenzahlen, zunehmender Drittmittelabhängigkeit sowie der Exzellenzinitiative –, die zu einer steigenden Komplexität der Hochschul-Governance geführt haben.[402]

Eine wichtige Möglichkeit, auf die Herausforderungen der Digitalisierung zu reagieren, ist die Ausarbeitung einer Strategie, die sich am Profil der Hochschule, an ihren Zielgruppen und an ihren Entwicklungszielen orientiert. Die Ergebnisse der von der Expertenkommission in Auftrag gegebenen Befragung zeigen allerdings, dass bisher erst 14 Prozent der teilnehmenden Hochschulen über eine Digitalisierungsstrategie verfügen.[403] Weitere 41 Prozent der teilnehmenden Hochschulen geben an, eine Digitalisierungsstrategie zu erarbeiten, während 31 Prozent eine solche planen.[404] Zu den am häufigsten genannten Zielen, die mit einer Digitalisierungsstrategie verfolgt werden, zählen die Verbesserung der Qualität und der Effizienz in der Hochschulverwaltung sowie die Steigerung der Qualität der Lehre.

Die Expertenkommission sieht es als ein positives Signal, dass die deutschen Hochschulen mehrheitlich die Entwicklung einer Digitalisierungsstrategie planen. Sie empfiehlt, in den Strategien klare Verantwortlichkeiten für Digitalisierungsprozesse zu definieren.

Digitalisierung der Forschung: Deutsche Hochschulen gut aufgestellt

Als Digitalisierung der Forschung wird die zunehmende Anwendung computergestützter Verfahren und die systematische Verwendung digitaler Ressourcen in der Forschung bezeichnet.[405]

Der Stand der Digitalisierung (vgl. Infografik) in der Forschung variiert stark zwischen Universitäten und Fachhochschulen (FHs) bzw. Hochschulen für angewandte Wissenschaften (HAWs), was vor allem auf die unterschiedliche strukturelle Ausrichtung beider Hochschultypen zurückzuführen ist.[406]

An nahezu der Hälfte der Universitäten sind Forschungsinformationssysteme[407] teilweise oder vollständig implementiert. Außerdem sind an etwa 30 Prozent der Universitäten Forschungsdaten-Managementsysteme[408] teilweise bis vollständig implementiert. Die Nutzung digitaler Datensammlungen durch die Forschenden wird von 63 Prozent der Universitäten als hoch oder sehr hoch bewertet. 45 Prozent der Universitäten geben zudem an, neue Publikationsformate häufig oder sehr häufig zu nutzen. Daneben nutzen 39 Prozent der Universitäten digitale Analysemethoden in hohem oder sehr hohem Maß.[409]

Bei FHs/HAWs sind die forschungsbezogenen IT-Systeme wie beispielsweise Forschungsinformations- und Forschungsdaten-Managementsysteme an weniger als 20 Prozent der Einrichtungen teilweise oder vollständig implementiert. Digitale Datensammlungen werden von einem Drittel der Forschenden an FHs/HAWs häufig bzw. sehr häufig genutzt. 18 Prozent der FHs/HAWs geben an, neue Publikationsformate in hohem oder sehr hohem Maß einzusetzen. Lediglich 13 Prozent der FHs/HAWs bewerten die Nutzung digitaler Analysemethoden an ihrer Hochschule als hoch oder sehr hoch.[410]

Der Digitalisierungsstand in der Forschung hängt, unabhängig vom Hochschultyp, erheblich vom Engagement einzelner Forschender bzw. Forschungsgruppen ab.[411] Forschende nutzen an Hochschulen aus eigenem Antrieb eine Vielzahl digitaler Werkzeuge zur Simulation, Modellierung, Visualisierung, Erfassung und Auswertung von Daten sowie zur Veröffentlichung von Forschungsergebnissen, ohne dass dies von den jeweiligen Hochschulen zentral unterstützt werden müsste.[412]

Dennoch entstehen in diesem Zusammenhang umfangreiche Beratungs-, Schulungs- und Dienstleistungsbedarfe, für die die Hochschulen passende Angebote entwickeln und bereitstellen sollten (für ein Beispiel vgl. Box B 4-1).[413] Dies gilt umso mehr, da durch die zunehmende Bedeutung von Künstlicher Intelligenz und Data Science die Beratungsbedarfe weiter steigen werden.[414]

Box B 4-1

Beispiel guter Praxis im Bereich Forschung: Die eResearch Alliance

Die eResearch Alliance bündelt seit 2014 die Kapazitäten der zentralen Infrastruktureinrichtungen der Universität Göttingen, der Gesellschaft für wissenschaftliche Datenverarbeitung mbH Göttingen und der Niedersächsischen Staats- und Universitätsbibliothek.[415]

Die eResearch Alliance bietet eine zentrale Infrastruktur für Forschende, Fakultäten und Forschungsverbünde über Göttingen hinaus. Ihr Ziel ist es, Forschende mit technologischen und informationswissenschaftlichen Angeboten zu unterstützen, um sowohl bestehende Forschungsmethoden effizienter zu gestalten als auch neue Forschungsmethoden zu ermöglichen.[416]

Um das zu erreichen, hält die eResearch Alliance verschiedene Informations-, Beratungs- und Schulungsangebote zu innovativen Informations- und Kommunikationstechnologien vor. Hierzu zählen u. a. Forschungsdatenmanagement, Forschungsinfrastrukturen zum gemeinsamen Arbeiten mit digitalen Werkzeugen und Methoden, Visualisierungsmöglichkeiten für Forschungsdaten sowie Publikationsstrategien. Außerdem bietet die eResearch Alliance individuelle IT-Beratung und IT-Dienstleistungen für Forschende an.[417]

Positive aktuelle Entwicklungen

Die Digitalisierung der Forschung wird derzeit von Entwicklungen in mehreren Bereichen geprägt, die auch für die Hochschulen von großer Bedeutung sind. Zu diesen Bereichen zählen Hochleistungsrechner, Forschungsdateninfrastruktur und Open Access.

Hochleistungsrechner

Die Bedeutung von Hochleistungsrechnern für die Forschung wächst. Beispielsweise werden für die Simulation neuronaler Netze und neuer Medikamente sowie die Berechnung von Klimamodellen immer leistungsstärkere Computer benötigt. Trotz des beständigen Ausbaus der Supercomputerkapazitäten kann die Nachfrage an Rechenkapazität kaum befriedigt werden.[418] Deutsche und europäische Forschende greifen daher auf Hochleistungsrechner im außereuropäischen Ausland zurück, was zu Problemen bei Datensicherheit, Datenschutz, Sicherung von Eigentumsrechten und Geheimhaltung führen kann.[419] Diesen Problemen wird teilweise durch den Aufbau nationaler Supercomputerkapazitäten Rechnung getragen. Am Forschungszentrum Jülich und dem Leibniz-Rechenzentrum in Garching bei München wurden im September 2018 sowie Januar 2019 neue Supercomputer in Betrieb genommen, die die Infrastruktur des Höchstleistungsrechnens unter dem Dach des Gauss Centre for Supercomputing (GCS) ergänzen.[420] Am GCS wird zudem an der Entwicklung eines Exascale-Höchstleistungsrechners gearbeitet.[421]

Darüber hinaus haben sich Bund und Länder darauf verständigt, mit dem Nationalen Hoch- und Höchstleistungsrechnen einen nationalen Verbund zu schaffen, in dem die Stärken der deutschen Hochleistungsrechenzentren weiterentwickelt werden sollen. Forschende an Hochschulen sollen bedarfsgerecht und deutschlandweit auf die benötigte Rechenkapazität zugreifen können.[422] Die Expertenkommission begrüßt dieses Engagement von Bund und Ländern.

Forschungsdateninfrastruktur

Im November 2018 wurde von der Gemeinsamen Wissenschaftskonferenz der Aufbau einer Nationalen Forschungsdateninfrastruktur (NFDI) bekannt gegeben.[423] Aufgabe der NFDI ist es, die zahlreichen, oft dezentral, projektgebunden und temporär betriebenen Datenbestände von Wissenschaft und Forschung systematisch zu erschließen.[424] Dafür soll die NFDI Standards im Datenmanagement setzen und als regional verteilter und fachbereichsübergreifender Wissensspeicher Forschungsdaten dauerhaft sichern und nutzbar machen.[425] Darüber hinaus sollen Anlaufstellen geschaffen werden, um die Forschenden vor Ort bei der Aufbereitung und Nutzung von Forschungsdaten zu unterstützen.[426]

Die NFDI soll von Nutzerinnen und Nutzern sowie Anbietern von Forschungsdaten im Zusammenwirken mit Einrichtungen der wissenschaftlichen Infrastruktur, wie z. B. Archiven, Bibliotheken, (Daten-) Sammlungen oder Fachinformationszentren, ausgestaltet werden. Sie werden zu diesem Zweck in Konsortien zusammenarbeiten, die eine finanzielle Förderung erhalten können.[427]

Für Aufbau und Förderung der NFDI wollen Bund und Länder bis 2028 jährlich bis zu 90 Millionen Euro im Endausbau bereitstellen. Hiervon bringt der Bund 90 Prozent auf, 10 Prozent der Kosten tragen die Länder.[428] Die NFDI bildet die nationale Säule für die geplante European Open Science Cloud. Diese soll zukünftig Forschungsdaten europaweit und über Disziplinen hinweg verknüpfen.[429]

Die Expertenkommission begrüßt den Aufbau einer Nationalen Forschungsdateninfrastruktur ausdrücklich als einen wichtigen Schritt zur Überwindung der fragmentierten Forschungsdatenlandschaft in Deutschland.

Open Access

Open Access bezeichnet die beschränkungsfreie Nutzbarkeit von wissenschaftlicher Literatur und anderen Materialien, mit der im Allgemeinen eine kostenlose Abrufbarkeit im Internet einhergeht.[430] Verlegerische Geschäftsmodelle mit künstlicher Verknappung durch Bezahlschranken (Paywalls) und juristische Beschränkungen werden dabei durch solche abgelöst, bei denen der Verlag die Publikation als von Autoren oder Dritten bezahlte Dienstleistung erbringt. Ziel ist die Maximierung der Verbreitung und Verwendbarkeit wissenschaftlicher Information. Dazu zählt die Schaffung der Möglichkeit, in Zukunft sämtliche wissenschaftlichen Informationen zusammenzuführen, mithilfe von digitalen Werkzeugen zu analysieren und disziplinübergreifend – auch mit Methoden der KI – auszuwerten.[431]

Das Open Access-Prinzip erfährt seit Jahren wachsenden Zuspruch. In zahlreichen Vereinbarungen, u.a. der Berliner Erklärung über den offenen Zugang zu wissenschaftlichem Wissen von 2003, haben sich nationale und internationale Wissenschaftsorganisationen zu Open Access bekannt.[432]

Ebenfalls wurde das von der Expertenkommission empfohlene Zweitveröffentlichungsrecht[433] für wissenschaftliche Autorinnen und Autoren 2014 in das Urheberrechtsgesetz aufgenommen.[434] Es räumt einer bestimmten Gruppe staatlich geförderter Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler unter definierten Rahmenbedingungen ein vertraglich nicht abdingbares Zweitveröffentlichungsrecht ein.[435]

Um den Übergang zu Open Access weiter zu beschleunigen, haben sich im September 2018 16 nationale und internationale Forschungsförderorganisationen sowie die Europäische Kommission und der Europäische Forschungsrat zur Coalition S zusammengeschlossen. In ihrer gemeinsamen Strategie, dem sogenannten Plan S, fordern sie, dass Forschende ihre Forschungsergebnisse ab dem Jahr 2020 in Open Access-Journalen oder -Repositorien veröffentlichen müssen, wenn die Forschungsarbeiten durch öffentliche Mittel finanziert wurden.[436]

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) – die zentrale deutsche Forschungsförderorganisation – hat sich der Coalition S bislang nicht angeschlossen. Zwar tritt die DFG für Open Access ein und unterstützt die Coalition S bei einer Reihe von Maßnahmen, lehnt aber die Verpflichtung der Forscherinnen und Forscher zu Open Access ab.[437] Die DFG befürchtet vor allem, dass die von der Coalition S geforderte Open Access-Verpflichtung in erster Linie zu erhöhten Publikationsgebühren führen wird. Allerdings kündigt die DFG an, Fördermittelempfängerinnen und -empfänger künftig dazu aufzufordern, ihre Ergebnisse im Open Access zu veröffentlichen. Bisher hatte die DFG dies lediglich empfohlen.[438]

Die Expertenkommission schließt sich dieser Position an. Mittelfristig ist ein Übergang zu einem Open Access-System anzustreben. Forschende sollten aber weiterhin die Möglichkeit haben, selbst entscheiden zu können, wo und wie sie ihre Forschungsergebnisse publizieren.

Digitalisierung der Lehre: Digitale Lehrformate ausbaufähig

Als Digitalisierung der Lehre wird die Durchdringung von Lehr- bzw. Lernprozessen mit digitalen Komponenten und Lernwerkzeugen bezeichnet. Wie die von der Expertenkommission in Auftrag gegebene Befragung zeigt, wird die Digitalisierung der Lehre von den Hochschulen vor allem als strategisches Element gesehen, um die Qualität der Lehre zu erhöhen. Darüber hinaus ermöglichen digitale Lehrformate eine höhere Flexibilität wie beispielsweise zeit- und ortsunabhängiges Lernen oder individualisierte Lernwege (für ein Beispiel vgl. Box B 4-2).[439]

Infrastruktur für digitale Lehrformate vorhanden

Zentrale IT-Systeme zur Unterstützung der Lehre sind Lernmanagementsysteme (LMS)[440]. In der Befragung geben 85 Prozent der teilnehmenden Hochschulen an, dass diese Systeme bei ihnen bereits teilweise oder vollständig implementiert seien.[441] Allerdings werden

Box B 4-2

Beispiel guter Praxis im Bereich Lehre: Hamburg Open Online University (HOOU)

Die Hamburg Open Online University (HOOU) ist ein 2015 gestartetes Kooperationsprojekt aller öffentlichen Hamburger Hochschulen[442] einschließlich des Universitätsklinikums Hamburg-Eppendorf. Bei der HOOU entwickeln die Hamburger Hochschulen auf einer gemeinsamen Plattform innovative Lehr- und Lernformate sowie -materialien, die Studierenden und der Zivilgesellschaft frei zur Verfügung gestellt werden.[443]

Ziel der HOOU ist es, die klassische Präsenzlehre der Hamburger Hochschulen um die Möglichkeiten digitaler Technologien zu erweitern. Daneben sollen Kollaborationen über Hochschulgrenzen hinweg vereinfacht werden. Die Besonderheit der HOOU besteht u.a. darin, einen digitalen Raum zu schaffen, in dem sich Studierende, Dozierende und die Zivilgesellschaft treffen können, um gemeinsam an interdisziplinären, hochschulübergreifenden Projekten zu arbeiten.[444] An der HOOU können außerdem individualisierte Lernwege verfolgt werden[445]

Bisher werden von der HOOU rund 50 Lernangebote bereitgestellt. Darüber hinaus steht den Nutzerinnen und Nutzern eine Vielzahl von Lernmaterialien wie beispielsweise Tutorien zur Informatik oder wissenschaftlichen Visualisierung zur Verfügung.[446]

LMS an den meisten Hochschulen lediglich für die strukturierte Ablage von Dokumenten genutzt. Anspruchsvollere Anwendungen, beispielsweise Foren, Prüfungen oder gegenseitige Bewertungen der Kursteilnehmerinnen und -teilnehmer (Peer Grading), sind die Ausnahme.[447]

Darüber hinaus haben nahezu 90 Prozent der Hochschulen nach eigenen Angaben Servicezentren (E-Learning-Zentren) zur Unterstützung der Lehrenden beim Einsatz digitaler Instrumente sowie zur Erarbeitung digitaler Lehrinhalte eingerichtet.[448]

Gegenüber den infrastrukturellen Rahmenbedingungen bleibt die Nutzung digitaler Lehr- und Lernformate deutlich zurück. Die Befragung zeigt, dass mobiles Lernen an 25 Prozent und soziale Medien an 19 Prozent der Hochschulen häufig zum Einsatz kommen. Inverted Classroom Formate werden lediglich an 13 Prozent der Hochschulen stark bzw. sehr stark genutzt. Der Anteil der teilnehmenden Hochschulen, die angeben, adaptives Lernen, Augmented bzw. Virtual Reality und Digital Game-based Learning in ihren Lehrveranstaltungen häufig bzw. sehr häufig einzusetzen, liegt bei 6 bis 7 Prozent (vgl. Infografik).[449]

Diese Ergebnisse werden durch eine Erhebung zur digitalen Lehre an Hochschulen aus dem Jahr 2017 gestützt.[450] Die Erhebung zeigt aber auch, dass die Lehrenden die technische Ausstattung der Hochschulen mehrheitlich für gut befinden.[451]

Anreize für die Entwicklung digitaler Lehrformate

Um Lehrende zur Ergänzung und Weiterentwicklung der Lehre durch digitale Instrumente zu motivieren, werden laut der von der Expertenkommission in Auftrag gegebenen Befragung von 62 Prozent der teilnehmenden Hochschulen konkrete Anreize gesetzt.[452] Als Anreize nennen die Hochschulen die Bereitstellung zusätzlicher Personalkapazitäten etwa in Form von Ersatzlehrkräften und studentischen Mitarbeitenden (64 Prozent). Weitere Mittel sind das Herausstellen von digitalen Lehrformaten als Beispiele guter Praxis (53 Prozent), die Auszeichnung der Lehrenden mit Preisen oder Prämien (50 Prozent) sowie die Reduzierung der Lehrverpflichtung (39 Prozent).[453]

Anreize für digitale Lehre durch adäquate Berücksichtigung des damit verbundenen Aufwands im Deputat zu setzen, stellt die Hochschulen vor neue Herausforderungen.[454] Die Digitalisierung der Lehre geht mit einem hohen Einmalaufwand für die Erstellung, aber mit einem niedrigen Aufwand bei der nachfolgenden Nutzung der Lehrmaterialien einher. Der Aufwand der Erstellung ist nur schwer in einem Deputatssystem abbildbar, das bisher auf Präsenzlehre ausgerichtet ist. Hier gilt es, anreizkompatible Konzepte zu entwickeln.

Ein grundsätzliches Problem beim Ausbau digitaler Lehrformate ist weiterhin, dass Lehre nach wie vor kein erstrangiges Qualitätsmerkmal zur Beurteilung des wissenschaftlichen Personals und der Hochschulen darstellt. Darüber hinaus werden die vorhandenen Unterstützungs- und Beratungsangebote durch die Servicezentren der Hochschulen von den Lehrenden oftmals als nicht ausreichend empfunden.[455] Ferner fällt es den Hochschulen schwer, Anreize für digitale Lehre zu setzen, da Unsicherheiten hinsichtlich deputatsrechtlicher Vorgaben bestehen.[455]

Internationale Trends in der digitalen Lehre

Deutsche Hochschulen haben auf die international stark wachsende Nachfrage nach akademischer Bildung bislang nicht mit einer Ausweitung ihrer digitalen Bildungsangebote reagiert. Während sich in den USA, in Asien und einigen europäischen Ländern global ausgerichtete Bildungsplattformen[457] etabliert haben, die in großem Umfang neue Online-Angebote[458] entwickeln, betreiben die deutschen Hochschulen ihre Lernplattformen primär für den Eigenbedarf oder im Rahmen überschaubarer Verbünde. Digitale Lernformate für den internationalen Markt werden zumeist über etablierte ausländische Anbieter vermarktet.[459] Zu diesen Lernformaten zählen vor allem offen zugängliche Onlinekurse bzw. Massive Open Online Courses (MOOCs), die teils tutoriell betreut werden und mit denen teilweise formelle Zertifikate erlangt werden können. Das Angebot digitaler Lernformate wächst dynamisch. So entstehen monatlich weltweit zwischen 70 und 140 neue Onlinekurse. Derzeit werden 180 der weltweit 6.800 verfügbaren Onlinekurse von deutschen Bildungseinrichtungen angeboten.[460]

International werden mittlerweile zwei von drei neuen Kursen mit der Option angeboten, ein formelles Zertifikat oder einen sogenannten Micro Degree zu erwerben.[461] Daneben werden Onlinekurse zunehmend auch als Micro-Master-Programme konzipiert. Bei Micro-Master-Programmen handelt es sich um mehrteilige prüfungspflichtige Master-Kurse zur

Erlangung von Micro-Master-Zertifikaten, die im Rahmen eines Masterstudiums an einer Hochschule angerechnet werden können.[462] Zu den deutschen Anbietern in diesem Bereich zählen u.a. das openHPI, oncampus sowie die Hamburg Open Online University (HOOU).[463]

Als eine der ersten deutschen Hochschulen bietet die RWTH Aachen seit 2017 den Erwerb eines Micro Masters über die internationale Online-Lernplattform edX an.[464] Eine andere Art der Verwendung von international verfügbaren MOOCs ist deren Einbeziehung in die eigenen Masterprogramme. So haben Studierende der Dualen Hochschule Baden-Württemberg (DHBW) die Möglichkeit, einen Teil der Punkte für ihr Studium durch die erfolgreiche Teilnahme an einem Micro-Masters-Programm des Massachusetts Insitute of Technology (MIT) zu erwerben.[465]

International herausragende Universitäten wie das MIT und die École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) setzen Lehrplattformen inzwischen ein, um besonders talentierte Studierende, die in Onlinekursen erfolgreich waren, für ihre Präsenzstudiengänge zu gewinnen.[466]

In ihren Jahresgutachten hat die Expertenkommission bereits mehrfach auf die zunehmende Bedeutung von Weiterbildungsangeboten für eine erfolgreiche digitale Transformation aufmerksam gemacht.[467] Nach Ansicht der Expertenkommission stellen Online-Lernangebote wie MOOCs oder Micro-Master-Programme eine wichtige und sinnvolle Ergänzung zum bestehenden Lehrinstrumentarium dar.[468]

Die Expertenkommission bedauert die Zurückhaltung deutscher Hochschulen bei der systematischen Entwicklung und Bereitstellung innovativer digitaler Bildungs- und Weiterbildungsangebote.

Digitalisierung der Verwaltung: Nachholbedarf bei nicht-studiumsbezogenen Prozessen

Als Digitalisierung der Verwaltung wird die Umsetzung von Verwaltungsabläufen in einen digital vernetzten Prozess bezeichnet.

Die Ergebnisse der von der Expertenkommission in Auftrag gegebenen Befragung deuten darauf hin, dass studiumsbezogene IT-Systeme wie studienzentrierte Campus-Managementsysteme[469] (vgl. Box B 4-3) hochschulübergreifend einen höheren Implementationsstand aufweisen als nicht-studiumsbezogene IT-Systeme wie Computer-Aided-Facility-Managementsysteme oder Ressourcen-Managementsysteme.[470]

Zu den studiumsbezogenen Verwaltungsprozessen zählen u.a. die Bearbeitung von Studienplatzbewerbungen, die Erstellung von Prüfungs- und Notenbescheiden sowie die Immatrikulation von Studierenden. Diese Prozesse weisen hochschulübergreifend einen hohen Digitalisierungsstand auf. So können an 66 Prozent der teilnehmenden Hochschulen die Erstellung von Prüfungs- und Notenbescheiden und an 56 Prozent die Bewerbung auf einen Studienplatz bereits vollständig elektronisch abgewickelt werden. Darüber hinaus ist an 42 Prozent der teilnehmenden Hochschulen die Immatrikulation von Studierenden vollständig digital möglich.[471]

Dagegen wird der Digitalisierungsstand nicht-studiumsbezogener Verwaltungsprozesse wie beispielsweise die Bearbeitung von Reisekostenabrechnungen oder Dienstreiseanträgen sowie von Beschaffungsvorgängen deutlich schlechter bewertet.[472] Bisher lassen sich diese Verwaltungsprozesse an weniger als 20 Prozent der teilnehmenden Hochschulen vollständig elektronisch abwickeln.[473] Der Befund, dass bei deutschen Hochschulen bei der Digitalisierung nicht-studiumsbezogener Verwaltungsprozesse Nachholbedarf besteht, wird durch den Vergleich mit schweizerischen Hochschulen bestätigt.[474]

Die Digitalisierung der Verwaltungen der Hochschulen fällt auch unter die Vorschriften des Onlinezugangsgesetzes (OZG), das die Digitalisierung der öffentlichen Verwaltung vorantreiben soll und im August 2017 in Kraft getreten ist.[475] Das OZG schreibt vor, dass bis Ende 2022 alle Verwaltungsdienstleistungen von Bund, Ländern und Kommunen für die jeweiligen Nutzerinnen und Nutzer über ein Verwaltungsportal online zugänglich sein müssen. Laut OZG-Umsetzungskatalog müssen die Hochschulen sämtliche Verwaltungsleistungen, die im Zusammenhang mit einem Studium stehen, digital anbieten (z. B. Immatrikulation, Beurlaubung, Studienplatzvergabe, elektronische Kopie des Hochschulabschlusszeugnisses). Dazu zählt auch die Unterstützung bei der Studienplatzsuche und der Studienfinanzierung.[476]

Um diese Ziele zu erreichen, werden sich der Prozess der Digitalisierung und die interne Vernetzung der Hochschulverwaltungen in den kommenden Jahren stark beschleunigen müssen.

Box B 4-3

Beispiel guter Praxis im Bereich Verwaltung: Technische Universität München TUMonline

TUMonline ist das Campus-Managementsystem der Technischen Universität München (TUM). Es ist seit 2010 im Regelbetrieb und wird im Hinblick auf Nutzerfreundlichkeit und Prozessoptimierung stetig weiterentwickelt.

Über TUMonline werden alle mit dem Studienzyklus verbundenen IT-Prozesse unterstützt. Hierzu zählen das Bewerbungs-, Studierenden-, Lehrveranstaltungs-, Modul- und Prüfungsmanagement sowie Anerkennungen, Abschlussverwaltung, Evaluierung und Alumni-Verwaltung.[477]

In der Verwaltung sind im Bereich Studien- und Prüfungsabteilung über TUMonline bisher folgende Anwendungen digital verfügbar: Studienplan- und Prüfungsverwaltung, Ausstellung von Studienerfolgsnachweisen und Prüfungsbescheiden, Abschlussprüfungsverwaltung, Ausstellung von Abschlusszeugnissen sowie die Bestätigung von Anerkennungen und Zeugnisnachträgen. Zudem haben Studierende die Möglichkeit, über TUMonline einen Nachtrag von Anerkennungen vorzunehmen, sich Vorabausdrucke von Studienerfolgsnachweisen sowie Immatrikulationsbescheinigungen zu erstellen.

Die Nutzerfreundlichkeit des Systems spielt eine zentrale Rolle. Ziel war es von Anfang an, eine einheitliche Navigation durch das System zu ermöglichen sowie Layout und Bedienbarkeit möglichst nutzerfreundlich zu gestalten und laufend zu verbessern.

TUMonline zeichnet sich darüber hinaus durch ein breites Beratungs- und Unterstützungsangebot für die Nutzerinnen und Nutzer aus. Lehrenden, Studierenden und Mitarbeitenden stehen Anleitungen und Erklärvideos zu den Funktionen von TUMonline zur Verfügung.[478]

B 4-2 Herausforderungen für die Digitalisierung der Hochschulen

Potenzial von Kooperationen bei der Digitalisierung nicht ausgeschöpft

Eine viel genutzte Möglichkeit, die sich aus der Digitalisierung von Hochschulprozessen ergebenden Potenziale zur Effizienzsteigerung auszuschöpfen, besteht in stärkeren Kooperationen zwischen Hochschulen. Für Kooperationen besonders geeignet sind nach Auskunft der Hochschulen die Bereiche der standardisierbaren, nicht-profilbildenden Prozesse.[479] Laut der von der Expertenkommission in Auftrag gegebenen Befragung betreiben die Hochschulen Kooperationen bzw. Verbünde mit folgenden Schwerpunkten: Digitalisierung des Lehrens und Lernens (72 Prozent), Digitalisierung der Infrastruktur (67 Prozent), Digitalisierung der Verwaltung (58 Prozent) und Digitalisierung der Forschung (49 Prozent).[480]

Ein Großteil der Verbünde bzw. Kooperationen ist innerhalb des eigenen Bundeslandes angesiedelt (vgl. Abbildung B 4-4).[481] Der Anteil der Hochschulen, die in Bundesland-spezifische Verbünde bzw. Kooperationen auf Bundesländerebene eingebunden sind, liegt in allen Bereichen bei über 50 Prozent. Am wenigsten verbreitet sind internationale Verbünde und Kooperationen. Hier zeigt sich, dass internationale Kooperationen vor allem mit Bezug zur Digitalisierung der Forschung eingegangen werden.[482]

Der hohe Anteil Bundesland-spezifischer Kooperationsformen ist u.a. damit zu erklären, dass die Landesregierungen die Zusammenarbeit ihrer Hochschulen nicht nur unterstützen, sondern auch selbst Kooperationsprojekte initiieren, fördern und einfordern.[483]

Forschung: Von besonderer Bedeutung sind Kooperationen bei Digitalisierungsvorhaben innerhalb der Fachdisziplinen, da in der Forschung selbst, aber auch z.B. im Forschungsdatenmanagement, jeweils Fachspezifika berücksichtigt werden müssen.[484]

Lehren und Lernen: Kooperationen ermöglichen die Erstellung und Nutzung von Lehrmaterialien bis hin zum gemeinsamen Angebot von Studiengängen, die eine einzelne Hochschule nicht anbieten kann.[485] Kooperationen zur Kompetenzentwicklung von Lehrenden spielen eine große Rolle, insbesondere auf Landesebene innerhalb eines Bundeslandes.[486]

Verwaltung: Als besonders hilfreich bewerten Hochschulen Kooperationen sowie hochschulübergreifende Serviceangebote bei rechtlichen und technischen Fragestellungen – wie z. B. bei Kooperationsvereinbarungen, Ausführungsbestimmungen, Datenschutz, IT-Sicherheit, Vergaberecht, Bekanntmachungen von

Beispielen guter Praxis – sowie beim Aufbau digitaler Infrastrukturen.[487]

Weiteren Kooperationsbedarf gibt es bei IT-Diensten. An deutschen Hochschulen existieren zahlreiche IT-Dienste (z.B. Cloud-Dienste, Video- bzw. Media-Server), die von den hochschuleigenen Rechenzentren zur Verfügung gestellt werden. Sie bilden Alternativen zu den kommerziellen Angeboten großer privater Anbieter. Die Bereitstellung von Cloud-Diensten und Media-Servern im Eigenbetrieb bindet die knappen Ressourcen der Rechenzentren, weshalb Hochschulen bei der Entwicklung von IT-Diensten zusammenarbeiten.[488] Ein Nachteil dieser Alternativangebote ist, dass sie zumeist als Projekte auf Landesebene initiiert werden und nicht bundesländerübergreifend nutzbar sind.[489]

Bedarf für ein koordiniertes Vorgehen der Hochschulen gibt es auch beim Einkauf von Software-Lizenzen. Ihr Erwerb ist für die einzelne Hochschule mit erheblichen Kosten verbunden. Eine zentralisierte Beschaffung von Lizenzen auf Landesebene findet in der Regel nicht statt. Infolgedessen ist es für die Hochschulen schwer, günstige Konditionen mit den Software-Anbietern auszuhandeln.

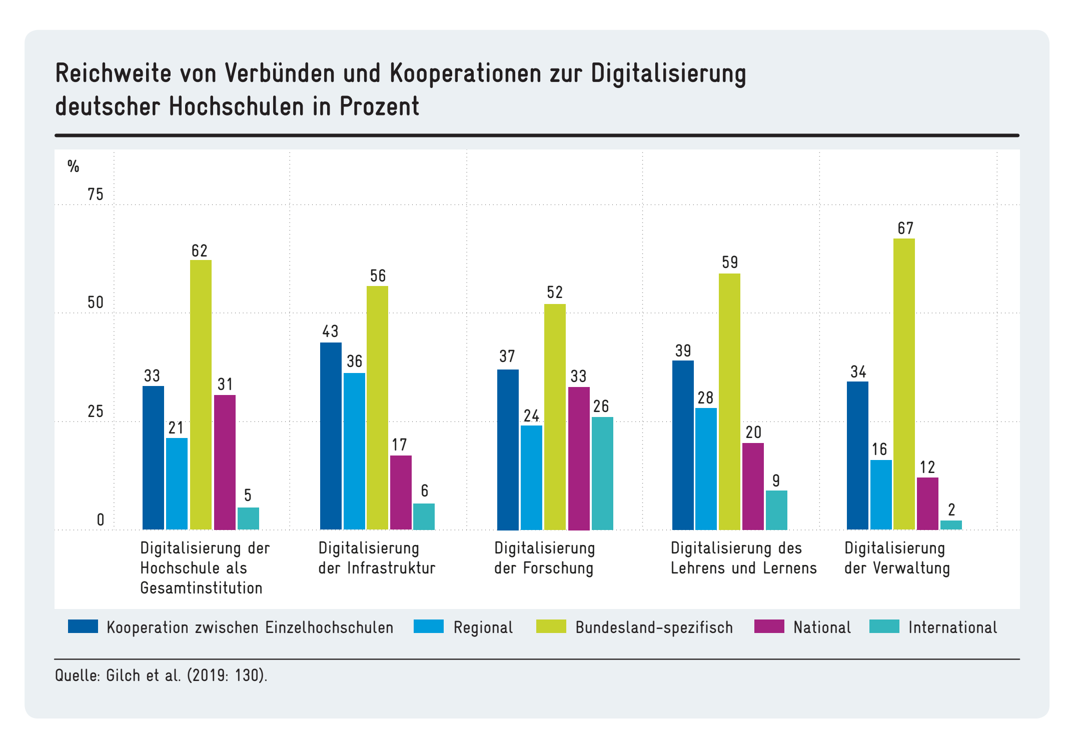
Auf Dauer angelegte Finanzierung der Digitalisierung notwendig

Die ressourcenintensive Daueraufgabe Digitalisierung trifft auf ein Hochschulsystem, das bereits seit Jahren dauerhaft unterfinanziert und darüber hinaus in hohem Maße durch lediglich temporär zur Verfügung stehende Programm- und Projektmittel geprägt ist.[490]

Bund und Länder haben auf den digitalisierungsbedingten Finanzierungsbedarf der Hochschulen mit zahlreichen Förderprogrammen und Initiativen reagiert. Trotzdem wird die Ressourcenfrage von den Hochschulen als eine zentrale Herausforderung genannt. Zwar finanzieren einige Hochschulen – vor allem große Universitäten und FHs/HAWs – infrastrukturelle Voraussetzungen für die Digitalisierung durch Grundmittel, die sie durch Umschichtungen im eigenen Haushalt bereitstellen.[491] Die meisten Hochschulen finanzieren ihre digitalen Infrastrukturen jedoch weitgehend über Drittmittel von Bund und Ländern. Da sich die Digitalisierung für die Hochschulen als Daueraufgabe darstellt, reichen die Projektmittel aus Hochschulsicht nicht aus, um Digitalisierungsvorhaben nachhaltig und koordiniert auf breiter Ebene zu implementieren.

Abb B 4-4

Reichweite von Verbünden und Kooperationen zur Digitalisierung deutscher Hochschulen in Prozent



Quelle: Gilch et al. (2019: 130).

Die Projektfinanzierung führt nach Ansicht der befragten Hochschulvertreterinnen und -vertreter oftmals zum Aufbau von Parallelstrukturen und Insellösungen,[492] da IT-Soft- und -Hardware im Rahmen geförderter Projekte immer wieder neu installiert wird, ohne dass es zu einer Integration in die bestehende IT-Landschaft kommt. Die Folge ist eine wachsende Unübersichtlichkeit und Fragmentierung, die Synergien verhindert und sich negativ auf die Nutzbarkeit der IT-Systeme auswirkt. Darüber hinaus erschwert die Projektfinanzierung durch ihren temporären und schwer planbaren Charakter die Ausrichtung von Digitalisierungsvorhaben an mittel- und langfristigen strategischen Zielsetzungen.[493]

Maßnahmen von Bund und Ländern

Mit dem Bund-Länder-Programm für bessere Studienbedingungen und mehr Qualität in der Lehre (Qualitätspakt Lehre) trägt der Bund zur Förderung der Digitalisierung an Hochschulen bei. Im Rahmen des wettbewerblich organisierten Qualitätspakts Lehre stellt der Bund zwischen 2011 und 2020 für Projekte von Hochschulen rund zwei Milliarden Euro zur Verfügung. Auch wenn der Qualitätspakt Lehre nicht explizit auf die Förderung von Digitalisierungsvorhaben ausgerichtet ist, kommt ein großer Teil der Fördergelder Digitalisierungsvorhaben zugute. Nach Angaben des BMBF spielt Digitalisierung bzw. der Einsatz digitaler Technologien in rund der Hälfte der geförderten Projekte eine wichtige Rolle.[494]

Darüber hinaus unterstützt das BMBF die Forschung zur digitalen Hochschulbildung und zum Forschungsdatenmanagement. In den geförderten Forschungsprojekten zur Hochschulbildung wird die Wirksamkeit bewährter und innovativer Ansätze und Formate in der digitalen Hochschulbildung untersucht.[495]

In diesem Zusammenhang fördert das BMBF auch das Hochschulforum Digitalisierung, das als inhaltlicher Impulsgeber die Akteure aus Hochschulen, Politik und Wirtschaft zu den Herausforderungen der Digitalisierung berät und vernetzt.[496]

Die Bundesregierung nahm zum Thema Digitalisierung der Hochschulen zudem in ihrem Koalitionsvertrag Stellung.[497] Es wurde angekündigt, in Bezug auf die Digitalisierung die Hochschulen bei der Verbesserung der Qualität von Studium, Lehre und Forschung sowie der Verwaltung und des wissenschaftlichen Austauschs zu unterstützen. Mit einem Wettbewerb sollen digital innovative Hochschulen oder Hochschulverbünde gefördert werden. Ferner wurde die Förderung hochschulübergreifender, vernetzter Konzepte, wie beispielsweise Lehr- und Lernplattformen, angekündigt.[498]

Die Mehrheit der Länder hat in den vergangenen Jahren Digitalisierungsstrategien oder -konzepte vorgelegt.[499] Hochschul- und wissenschaftsbezogene Zielsetzungen sind in der Regel, aber nicht in allen Fällen, Bestandteil der Digitalisierungskonzepte. Sind entsprechende Ziele berücksichtigt, lassen sich hier unterschiedliche Schwerpunkte ausmachen. Diese sind in der Regel die Förderung der Digitalisierung von Lehre und Lernen sowie von Forschung.

Gewinnung von IT-Fachkräften durch unflexible Tarifstrukturen erschwert

Hochschulen geben an, in hohem Maße vom Fachkräftemangel im IT-Bereich betroffen zu sein. Hinsichtlich des Hochschultyps und der Hochschulgröße lassen sich keine signifikanten Unterschiede identifizieren.[500]

Zentrale Herausforderung für die Gewinnung von IT-Fachkräften stellen nach Aussagen der Hochschulen die tariflichen Eingruppierungen der IT-Fachkräfte dar. Diese Einschätzung wird durch eine Studie des IT-Planungsrates gestützt. Demnach ist die am häufigsten genannte Begründung von Kandidatinnen und Kandidaten, die ihre Bewerbung auf IT-Stellen des öffentlichen Dienstes zurückgezogen haben, die zu geringe Entlohnung.[501]

Hochschulen an wirtschafts- und wachstumsstarken Standorten sind vom Fachkräftemangel in besonderem Maße betroffen, da sie in Konkurrenz zu Unternehmen stehen, die für IT-Fachkräfte höhere Gehälter zu zahlen bereit sind.[502] Auch gegenüber außeruniversitären Forschungseinrichtungen (AUF) sind Hochschulen beim Wettbewerb um IT-Fachkräfte im Nachteil. Für mehrheitlich vom Bund finanzierte AUF gilt der Tarifvertrag für die Einrichtungen der öffentlichen Verwaltung von Bund und Kommunen (TVöD) und nicht der Tarifvertrag der Länder (TV-L).[503] Der TV-L ist gegenüber dem TVöD vergleichsweise unflexibel.[504]

Darüber hinaus existiert zum TVöD eine ergänzende Arbeitgeberrichtlinie der Vereinigung der kommunalen Arbeitgeberverbände zur Gewinnung und zur

Bindung von Fachkräften,[505] die eine höhere Einstufung neu eingestellter IT-Fachkräfte in die Entgelttabelle sowie Zulagen ermöglicht.[506]

Des Weiteren sind Hochschulen wegen der Ausschreibung überwiegend befristeter Beschäftigungsverhältnisse für IT-Fachkräfte weniger attraktiv. Die Befristung vieler Stellen im IT-Bereich ist eine Folge der vorherrschenden Projektfinanzierung von Digitalisierungsvorhaben an Hochschulen (vgl. S. 101). Die Situation wird an vielen Hochschulen durch die genannten Defizite in der Hochschul-Governance zusätzlich erschwert (vgl. S. 94), sodass infolge unzureichender Professionalisierung des Hochschulmanagements von den rechtlich bestehenden Möglichkeiten zur Flexibilisierung von Arbeitsverhältnissen nur unzureichend Gebrauch gemacht wird.

Unsicherheit beim Umgang mit Datenschutz und Urheberrecht erheblich

Der Datenschutz stellt viele Hochschulen vor Probleme, da ein hohes Maß an Unsicherheit hinsichtlich der Umsetzung datenschutzrechtlicher Regelungen im Alltag besteht. Insbesondere die Datenschutz-Grundverordnung der EU (DSGVO) wird immer wieder als Problem bei der Digitalisierung der Bereiche Verwaltung und Lehre thematisiert. Hinzu kommen die rechtlichen Vorgaben von Bund und Ländern. Die Hochschulen betonen, dass der Datenschutz die Umsetzung von Digitalisierungsprojekten zwar nicht vollständig blockiert, aber mit einem erheblichen zusätzlichen Prüf- bzw. Arbeitsaufwand belegt.[507]

Aufgrund von Vorbehalten und mangelnden Kenntnissen über die datenschutzrechtlichen Möglichkeiten kommt Lern- und Analysesoftware (Learning Analytics)[508] an Hochschulen bislang nur sehr eingeschränkt zum Einsatz.[509] Oft sind die Kapazitäten der Datenschutzbeauftragten an Hochschulen nicht ausreichend, um dem Umfang und der Komplexität des Themas gerecht zu werden.[510] Würden die Probleme im Umgang mit dem Datenschutz gelöst, könnte Lern- und Analysesoftware eine große Chance bieten, die Lehre in Qualität und Didaktik weiterzuentwickeln und Ressourcen effizienter einzusetzen.[511]

Datenschutzrechtlich relevant ist auch die Nutzung von IT-Diensten kommerzieller Anbieter durch Hochschulangehörige. Dienste wie beispielsweise Dropbox, Google Docs und Skype sind aufgrund der hohen Nutzerfreundlichkeit beliebt und werden entsprechend genutzt. Die Nutzung dieser IT-Dienste gilt jedoch als datenschutzrechtlich bedenklich, weil personenbezogene Daten auf Servern gespeichert werden können, die außerhalb des Europäischen Wirtschaftsraums liegen und die Bedingungen der DSGVO nicht erfüllen.[512] Solange die von Hochschulen oder Forschungsverbünden bereitgestellten IT-Dienste nicht ein ähnliches Maß an Nutzerfreundlichkeit anbieten können, ist nicht mit einer Änderung des Nutzerverhaltens zu rechnen.

Auch das Urheberrecht wurde in Studien wiederholt als Problem bei der Digitalisierung von Hochschulen genannt, da die Bereitstellung und Nutzung digitaler Werke, z.B. in Semesterapparaten, im Unterricht und in der Forschung, nur in engen Grenzen möglich war.[513] Auch die Expertenkommission hatte den bestehenden Rechtsrahmen in ihrem Gutachten 2015 kritisiert und die Einführung einer Wissenschaftsschranke im Urheberrecht gefordert.[514] Als Schranke werden Ausnahmeregelungen im Urheberrecht bezeichnet, die die Verwertungsrechte der Urheber in bestimmten Situationen beschränken.[515]

Die Bundesregierung hat diese Kritik aufgenommen und mit dem Gesetz zur Angleichung des Urheberrechts an die aktuellen Erfordernisse der Wissensgesellschaft eine solche Wissenschaftsschranke eingeführt.[516] Trotz weiterhin bestehender Nutzungseinschränkungen führt die Reform insgesamt zu mehr Klarheit und erleichtert Lehrenden und Forschenden an Hochschulen die Vervielfältigung und Verbreitung veröffentlichter Werke.[517] Das Gesetz trat am 1. März 2018 in Kraft. Es soll nach vier Jahren evaluiert werden und zunächst bis Ende Februar 2023 in Kraft bleiben.[518] Die Expertenkommission begrüßt diese Entwicklung.

Handlungsempfehlungen B 4–3

Empfehlungen an die Hochschulen

Bei der Digitalisierung der Hochschulen trifft eine technisch komplexe Aufgabe auf unzureichend entwickelte Governancestrukturen. Damit die Digitalisierung gelingen kann, müssen die Hochschulen ihre Verwaltung weiter modernisieren und das Abteilungsdenken („Silodenken“) überwinden.[519]

– In diesem Zusammenhang empfiehlt die Expertenkommission den Hochschulen, eine Digitalisierungsstrategie mit klar definierten Zielen sowie

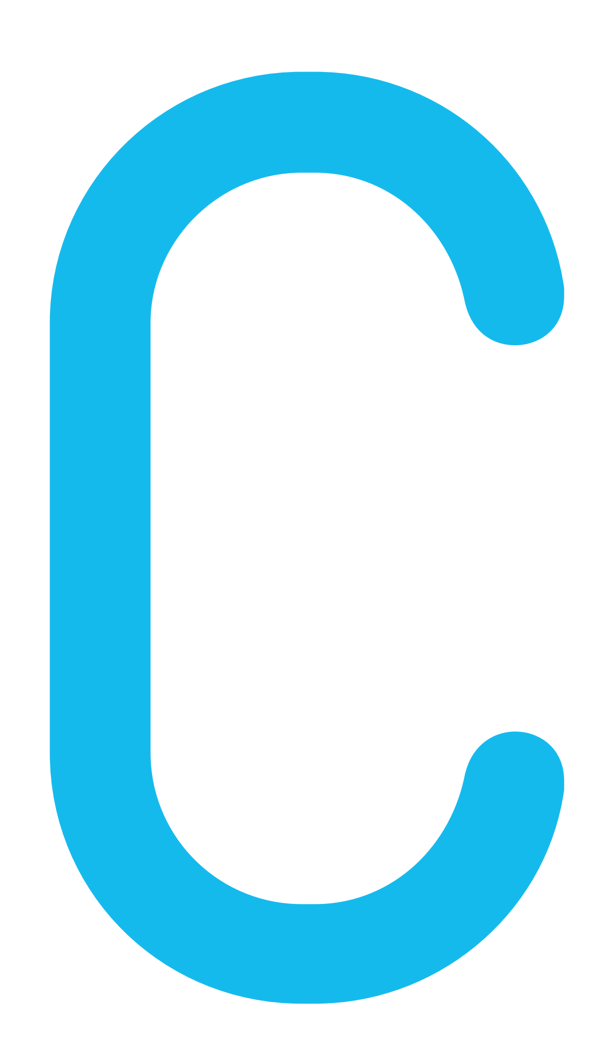
einen darauf abgestimmten Implementierungsplan auszuarbeiten. Diese Digitalisirungsstrategie sollte mit der von der Expertenkommission wiederholt geforderten Profilbildung von Hochschulen Hand in Hand gehen.[520] Dabei sollten insbesondere berufsbegleitende Weiterbildungsangebote mit in den Blick genommen werden.

- Hochschulen sollten ihre Verhandlungsmacht erhöhen, indem sie den Einkauf von Lizenzen hochschulübergreifend bündeln. Bisher gibt es keine Institution, die für die Hochschulen Lizenzverhandlungen zur Nutzung von Software, Plattformen, Cloud-Diensten u. ä. führt. Die Wissenschafts- und Kultusministerien der Länder können diesen Prozess unterstützend begleiten.

Empfehlungen an die Bildungs- und Hochschulpolitik

- Die Digitalisierung des strukturell unterfinanzierten deutschen Hochschulsystems ist eine Daueraufgabe, die einer nachhaltigen Finanzierung bedarf. Die Expertenkommission empfiehlt, die Hochschulen durch die Einführung einer Digitalisierungspauschale zu unterstützen. Die Hochschulen sollten pro Studentin bzw. Student einen bestimmten Betrag zum Ausbau und Unterhalt ihrer digitalen Infrastruktur und Anwendungen sowie zum Ausbau ihrer digitalen Lehr- und Lernangebote erhalten.
- Die Förderung der Digitalisierung an Hochschulen über wettbewerblich vergebene Projektmittel sollte bestehen bleiben, um innovativen Hochschulen und motivierten Einzelpersonen Anreize zu bieten.
- Wenn es durch die Digitalisierung zu Effizienzsteigerungen an den Hochschulen und damit zur Entstehung finanzieller Freiräume kommt, sollten diese den Hochschulen für qualitative Verbesserungen von Infrastruktur, Lehre und Forschung dauerhaft zur Verfügung stehen.
- Um den Hochschulen die Gewinnung von IT-Fachkräften zu erleichtern, empfiehlt die Expertenkommission den Bundesländern in ihrer Funktion als Arbeitgeber des öffentlichen Dienstes, die bestehende Entgeltordnung zu flexibilisieren und sich hierbei an der Entgeltordnung des TVöD zu orientieren.
- Die Hochschulen sehen sich im Zuge der Digitalisierung mit umfangreichen technischen, organisatorischen und rechtlichen Herausforderungen konfrontiert. Insbesondere kleinen Hochschulen fällt es schwer, die Kapazitäten bereitzustellen. Die Expertenkommission regt daher an, die Hochschulen durch die Schaffung von IT-Servicezentren zu unterstützen bzw. bereits bestehende Beratungs- und Unterstützungseinrichtungen zu stärken.

STRUKTUR UND TRENDS



Inhalt

C 3 Innovationsverhalten der Wirtschaft

C 4 Finanzierung von Forschung und Innovation

C 5 Unternehmensgründungen

C 6 Patente

C 7 Fachpublikationen

C 8 Produktion, Wertschöpfung und Beschäftigung

Überblick

Die Erfassung der Leistungsfähigkeit des Forschungs- und Innovationsstandortes Deutschland ist ein fester Bestandteil der jährlichen Berichterstattung der Expertenkommission Forschung und Innovation. Die Erfassung erfolgt anhand der Darstellung verschiedener Indikatoren, die einen Rückschluss auf die Dynamik und Leistungsfähigkeit des Forschungs- und Innovationssystems zulassen. Aus Gründen der Übersichtlichkeit sind die Indikatoren in acht thematisch geordnete Indikatorensets aufgeteilt. Anhand dieser Indikatorensets wird die Leistungsfähigkeit des deutschen Forschungs- und Innovationssystems im intertemporalen Vergleich sowie im Vergleich mit den wichtigsten nationalen Wettbewerbern dargestellt.[386] Einzelne Indikatoren werden zudem auf Bundesländerebene ausgewiesen, um innerdeutsche Leistungsunterschiede aufzuzeigen. Die Indikatoren sind mehrheitlich den von der Expertenkommission in Auftrag gegebenen Studien zum deutschen Innovationssystem entnommen. Die Studien umfassen neben den hier aufgeführten Indikatoren noch weiteres umfangreiches Indikatoren- und Analysematerial. Sie können auf der Internetseite der Expertenkommission eingesehen und heruntergeladen werden. Gleiches gilt für sämtliche Abbildungen und Tabellen des Jahresgutachtens sowie für die dazugehörigen Datensätze.

C 1 Bildung und Qualifikation

Investitionen in Bildung und ein hohes Qualifikationsniveau stärken die mittel- und langfristige Innovationsfähigkeit und das wirtschaftliche Wachstum eines Landes. Die in Abschnitt C 1 aufgeführten Indikatoren geben Auskunft über den Qualifikationsstand und liefern einen Überblick über die Stärken und Schwächen des Innovationsstandortes Deutschland. Der internationale Vergleich erlaubt eine Einschätzung, wie diese Befunde im Vergleich zu anderen Industrienationen einzuordnen sind.

C 2 Forschung und Entwicklung

Forschungs- und Entwicklungsprozesse sind eine wesentliche Voraussetzung für die Entstehung von neuen Produkten und Dienstleistungen. Prinzipiell gehen von einer hohen FuE-Intensität positive Effekte auf Wettbewerbsfähigkeit, Wachstum und Beschäftigung aus. FuE-Investitionen und -Aktivitäten von Unternehmen, Hochschulen und Staat liefern daher wesentliche Anhaltspunkte zur Beurteilung der technologischen Leistungsfähigkeit eines Landes. Wie Deutschland hinsichtlich seiner FuE-Aktivitäten im internationalen Vergleich abschneidet, in welchem Umfang die einzelnen Bundesländer investieren und welche Wirtschaftszweige besonders forschungsintensiv sind, wird in Abschnitt C 2 dargestellt.

C 3 Innovationsverhalten der Wirtschaft

Innovationsaktivitäten von Unternehmen zielen darauf ab, Wettbewerbsvorteile durch Innovationen zu schaffen. Im Falle einer Produktinnovation wird ein neues oder verbessertes Gut auf den Markt gebracht, dessen Eigenschaften sich von den bisher am Markt angebotenen Gütern unterscheiden. Die Einführung eines neuen oder verbesserten Herstellungsverfahrens wird als Prozessinnovation bezeichnet. Anhand der Innovationsintensität

in der Industrie und in den wissensintensiven Dienstleistungen sowie anhand des Anteils des Umsatzes mit neuen Produkten wird das Innovationsverhalten der deutschen Wirtschaft im internationalen Vergleich in Abschnitt C 3 dargestellt.

C 4 Finanzierung von Forschung und Innovation

Die Finanzierung von Geschäfts- und insbesondere FuE-Tätigkeiten ist eine zentrale Herausforderung vor allem für junge, innovative Unternehmen. Da diese Unternehmen zu Beginn keine oder kaum Umsätze erwirtschaften, ist eine Finanzierung aus eigenen Mitteln kaum möglich. Eine Fremdkapitalfinanzierung ist schwierig, da es für Kapitalgeber wie beispielsweise Banken schwer ist, die Erfolgsaussichten innovativer Unternehmensgründungen zu beurteilen. Alternative Wege der Unternehmensfinanzierung sind die Einwerbung von Beteiligungskapital bzw. Wagniskapital sowie die Finanzierung durch staatliche Förderung. Abschnitt C 4 beschreibt die Verfügbarkeit von Wagniskapital und staatlicher FuE-Förderung in Deutschland und im internationalen Vergleich.

C 5 Unternehmensgründungen

Unternehmensgründungen – insbesondere in forschungs- und wissensintensiven Sektoren – fordern mit innovativen Produkten, Prozessen und Geschäftsmodellen etablierte Unternehmen heraus. Die Gründung neuer Unternehmen und der Austritt nicht (mehr) erfolgreicher Unternehmen aus dem Markt ist Ausdruck des Innovationswettbewerbs um die besten Lösungen. Die in Abschnitt C 5 beschriebene Unternehmensdynamik ist deshalb ein wichtiger Aspekt des Strukturwandels. Gerade in neuen Technologiefeldern, beim Aufkommen neuer Nachfragetrends und in der frühen Phase der Übertragung wissenschaftlicher Erkenntnisse auf die Entwicklung neuer Produkte und Verfahren können junge Unternehmen neue Märkte erschließen und innovativen Ideen zum Durchbruch verhelfen.

C 6 Patente

Patente sind gewerbliche Schutzrechte für neue technische Erfindungen. Sie bilden somit oftmals die Grundlage für die Verwertung von Innovationen am Markt und unterstützen zugleich die Koordination und den Wissens- und Technologietransfer zwischen den Akteuren im Innovationssystem. Abschnitt C 6 stellt die Patentaktivitäten ausgewählter Länder dar. Zudem wird untersucht, inwieweit sich diese Länder in den Bereichen der hochwertigen Technologie und der Spitzentechnologie spezialisiert haben.

C 7 Fachpublikationen

Die stetige Generierung neuen Wissens hängt besonders von der Leistungsfähigkeit des jeweiligen Forschungs- und Wissenschaftssystems ab. Mit Hilfe der Bibliometrie wird diese Leistungsfähigkeit in Abschnitt C 7 im internationalen Vergleich dargestellt. Hierbei wird die Leistung eines Landes anhand der Publikationen seiner Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in Fachzeitschriften ermittelt. Die Wahrnehmung und Bedeutung dieser Veröffentlichungen wird durch die Anzahl der Zitate erfasst.

C 8 Produktion, Wertschöpfung und Beschäftigung

Der Anteil von Arbeitseinsatz und Wertschöpfung in den forschungs- und wissensintensiven Branchen in einem Land spiegelt deren wirtschaftliche Bedeutung wider und lässt Rückschlüsse auf die technologische Leistungsfähigkeit eines Landes zu. Abschnitt C 8 stellt die Entwicklung von Wertschöpfung und Produktivität in forschungsintensiven Industrien und wissensintensiven Dienstleistungen im internationalen Vergleich dar. Darüber hinaus wird die Position Deutschlands im Welthandel mit forschungsintensiven Gütern und wissensintensiven Dienstleistungen aufgezeigt.

Bildung und Qualifikation[521] C 1

Der Anteil der Erwerbstätigen mit tertiärer Qualifikation (ISCED 5+6 und ISCED 7+8) ist in Deutschland erneut leicht gestiegen. Im Jahr 2017 lag der Anteil bei 31,4 Prozent und damit um 0,2 Prozentpunkte höher als im Vorjahr (C 1-1). Der Anteil der Geringqualifizierten (ISCED 0+2) stieg ebenfalls leicht von 10 auf 10,1 Prozent an. In allen anderen Vergleichsländern – mit Ausnahme von Finnland – ist der Anteil der Geringqualifizierten an allen Erwerbstätigen zurückgegangen.

Der Anteil der Studienanfängerinnen und -anfänger an der alterstypischen Bevölkerung (C 1-2) ist in Deutschland um 3 Prozentpunkte von 63 auf 60 Prozent gesunken. Auch die bereinigte Quote für unter 25-Jährige und ohne internationale Studienanfängerinnen und -anfänger sank um 3 Prozentpunkte von 48 auf 45 Prozent.

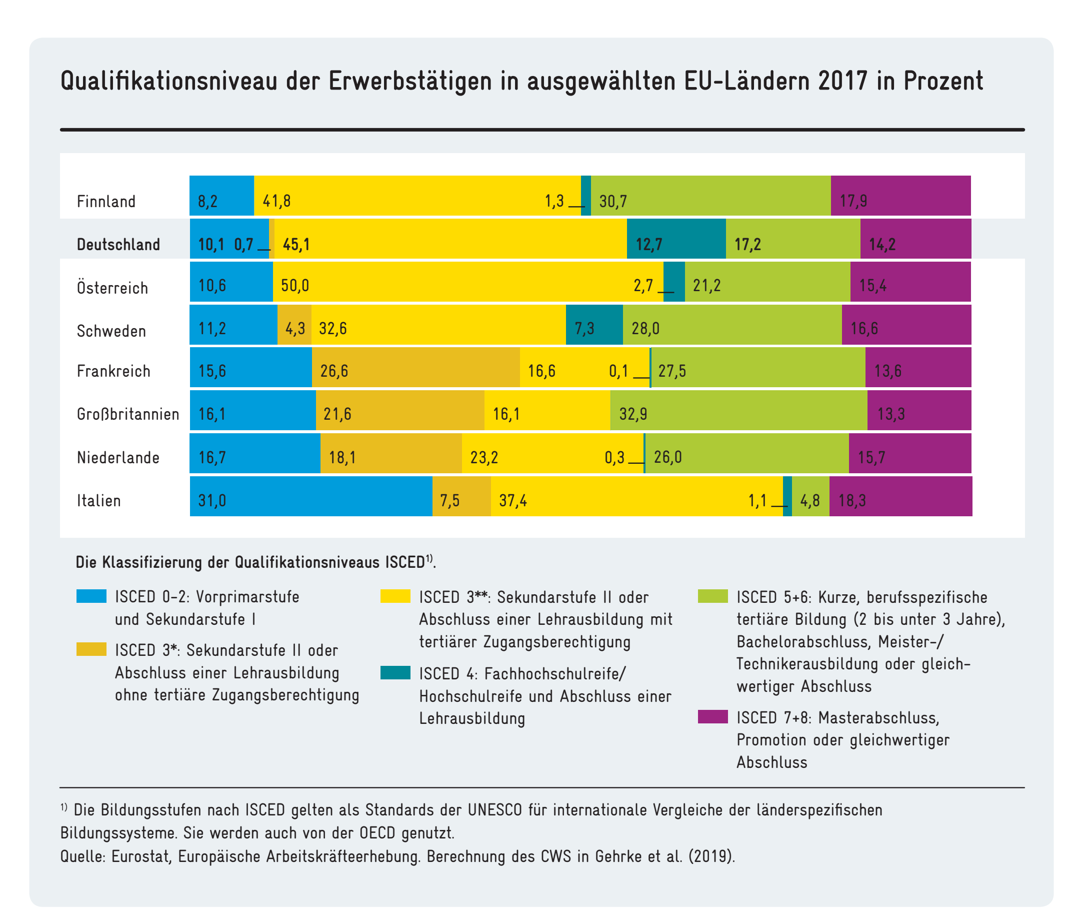
Im Jahr 2017 lag die Studienberechtigtenquote (C 1-3), d.h. der Anteil der Studienberechtigten an der Bevölkerung des entsprechenden Alters, bei 51 Prozent. Bis zum Jahr 2030 rechnet die Kultusministerkonferenz mit einem kontinuierlichen Anstieg der Studienberechtigtenquote auf rund 58 Prozent. Die Anzahl der Studienberechtigten lag 2017 bei 440.826 Personen. Laut Prognose der Kultusministerkonferenz wird die Zahl der Studienberechtigten bis zum Jahr 2030 weitgehend konstant bleiben.

Die Anzahl der Erstabsolventinnen und -absolventen (C 1-4) ist 2017 gegenüber dem Vorjahr leicht von 315.168 auf 311.441 gesunken. Zugleich ist der Anteil der Erstabsolventinnen und -absolventen, die ihren Abschluss an einer Universität gemacht haben, erneut gesunken und betrug 2017 53,9 Prozent. Der Anteil der Fachhochschul-Absolventinnen und -Absolventen stieg hingegen von 52 auf 52,6 Prozent.

Erstmals seit zehn Jahren gesunken ist die Anzahl der Bildungsinländerinnen und -inländer, also derjenigen ausländischen Studierenden, die ihre Studienberechtigung im Inland erworben haben. Ihre Zahl sank von 93.411 im Wintersemester 2016/17 auf 92.581 im Wintersemester 2017/18. Erneut gestiegen ist hingegen die Zahl der ausländischen Studierenden in Deutschland (C 1-5). Im Wintersemester 2017/18 waren 282.002 Bildungsausländerinnen und -ausländer, d.h. Studierende, die ihre Studienberechtigung im Ausland erworben haben, an deutschen Hochschulen immatrikuliert. Ihre Anzahl hat sich seit Wintersemester 2001/02 fast verdoppelt.

Die Weiterbildungsbeteiligung von Personen (C 1-6) ist 2017 gegenüber dem Vorjahr leicht von 5,2 Prozent auf 5,0 Prozent zurückgegangen. Die Weiterbildungsbeteiligung sank insbesondere bei hochqualifizierten Erwerbstätigen, und zwar von 9,7 auf 8,9 Prozent. Die Weiterbildungsbeteiligung von Betrieben stieg hingegen von 52,8 Prozent im Jahr 2015 auf 53,2 Prozent im Jahr 2016.

Abb C 1-1



Qualifikationsniveau der Erwerbstätigen in ausgewählten EU-Ländern 2017 in Prozent

[1] Die Bildungsstufen nach ISCED gelten als Standards der UNESCO für internationale Vergleiche der länderspezifischen Bildungssysteme. Sie werden auch von der OECD genutzt.
Quelle: Eurostat, Europäische Arbeitskräfteerhebung. Berechnung des CWS in Gehrke et al. (2019).

Tab C 1-2

Anteil der Studienanfängerinnen und -anfänger an der alterstypischen Bevölkerung in ausgewählten OECD-Ländern in Prozent

Studienanfängerquote: Anteil der Studienanfängerinnen und -anfänger an der Bevölkerung des entsprechenden Alters.

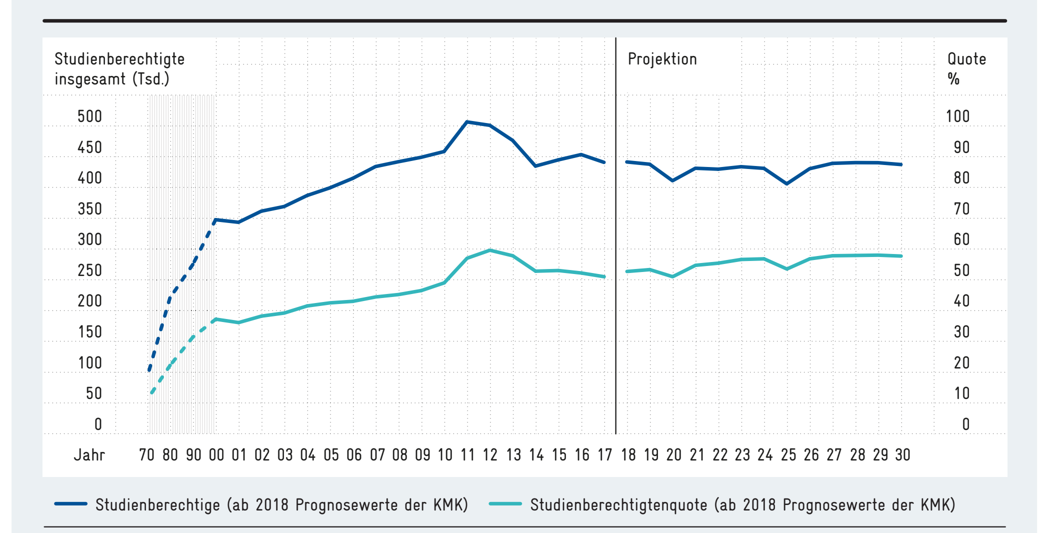
OECD-Länder[1]	2006	2009	2012	2013[2]	2014[2]	2015[2]	2016[2]	2013[3]	2014[3]	2015[3]	2016[3]
Deutschland	**35**	**40**	**53**	**59**	**64**	**63**	**60**	**45**	**48**	**48**	**45**
Belgien	35	31	34	67	67	69	72	54	57	59	62
Finnland	76	69	66	55	53	56	58	41	40	42	42
Großbritannien	57	61	67	58	61	69	64	42	44	50	48
Italien	56	50	47	42	44	46	48	–	–	41	41
Japan	45	49	52	–	80	80	80	–	–	–	–
Schweden	76	68	60	56	62	62	62	40	42	41	40
Schweiz*	38	41	44	–	–	–	–	–	–	47	47
USA	64	70	71	52	52	52	52	47	47	46	50
OECD-Durchschnitt	**56**	**59**	**58**	**67**	**68**	**66**	**66**	**50**	**51**	**48**	**49**

[1] Für die Länder Frankreich, Südkorea und China liegen bisher keine Werte nach ISCED 2011 vor. Diese Länder sind in der Tabelle deshalb nicht enthalten. Statt dessen wurden drei europäische OECD-Staaten ergänzend hinzugenommen: Belgien, Finnland und Italien.
[2] Angegeben sind die Studienanfängerquoten nach ISCED 2011-Klassifikation für die Stufen 5, 6 und 7. Hinweis: Werte ab 2013 wurden nach ISCED 2011 erfasst, Werte vor 2013 wurden nach ISCED 97 erfasst, deshalb ist diese Tabelle mit vorhergehenden Jahren nicht vergleichbar. Die hier verwendete ISCED 2011 verfügt über neun Stufen, während ISCED 1997 nur über sieben Stufen verfügte. ISCED 2011 hat vier statt zwei Niveaus im Hochschulbereich (ISCED 1997: Stufe 5A und 6; ISCED 2011: Stufe 5 bis 8) und ermöglicht zudem eine Unterscheidung zwischen Sekundarstufe II oder Abschluss einer Lehrausbildung ohne tertiäre Zugangsberechtigung (ISCED 3*) einerseits und Sekundarstufe II oder Abschluss einer Lehrausbildung mit tertiärer Zugangsberechtigung (ISCED 3**) andererseits.
[3] Bereinigte Quote für unter 25-Jährige, ohne internationale Studienanfängerinnen und -anfänger.
* Die fehlenden Werte werden aufgrund eines Datenfehlers nicht ausgewiesen. Weitere Hinweise zur Berechnung der Quoten für die Schweiz in Gehrke et al. (2019), Kap. 4.1.7.
Quellen: OECD (Hrsg.): Bildung auf einen Blick. OECD-Indikatoren, div. Jahrgänge in Gehrke et al. (2019).

Abb C 1-3

Studienberechtigte in Deutschland 1970–2030, ab 2018 Projektion

Studienberechtigte: Studienberechtigte sind diejenigen Schulabgängerinnen und -abgänger, die eine allgemeine oder fachgebundene Hochschulreife bzw. eine Fachhochschulreife* erworben haben.
Studienberechtigtenquote: Anteil der Studienberechtigten an der Bevölkerung des entsprechenden Alters.



* Seit 2013 Istwerte ohne Schulabgängerinnen und -abgänger, die den schulischen Teil der Fachhochschulreife erworben haben und noch eine länderrechtlich geregelte fachpraktische Vorbildung nachweisen müssen (etwa durch ein Berufspraktikum), um die volle Fachhochschulreife zu erhalten.
Quelle Istwerte: Statistisches Bundesamt in Gehrke et al. (2019).
Quelle Prognosewerte: Statistische Veröffentlichungen der Kultusministerkonferenz in Gehrke et al. (2019).

Tab C 1-4

Anzahl der Erstabsolventinnen und -absolventen sowie Fächerstrukturquote[1)]

Erstabsolventinnen und -absolventen und Fächerstrukturquote: Die Fächerstrukturquote gibt den Anteil von Erstabsolventinnen und -absolventen an, die ihr Studium innerhalb eines bestimmten Faches bzw. einer Fächergruppe absolviert haben. Erstabsolventinnen und -absolventen sind Personen, die ein Erststudium erfolgreich abgeschlossen haben.

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Absolvierende insgesamt[2)]	**239.877**	**260.498**	**287.997**	**294.330**	**307.271**	**309.621**	**309.870**	**313.796**	**317.102**	**315.168**	**311.441**
Anteil Frauen in Prozent	51,8	52,2	51,7	52,1	51,4	51,3	51,5	51,2	51,1	52,0	52,6
Anteil Universität in Prozent	62,4	62,4	62,0	62,0	62,1	61,3	59,9	59,0	56,8	54,7	53,9
Geisteswissenschaften	**30.997**	**36.458**	**38.684**	**38.385**	**39.435**	**38.444**	**38.247**	**38.788**	**37.135**	**34.886**	**32.205**
Anteil Fächergruppe in Prozent	12,9	14,0	13,4	13,0	12,8	12,4	12,3	12,4	11,7	11,1	10,3
Rechts-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften	**98.668**	**101.418**	**116.414**	**119.289**	**122.294**	**122.239**	**123.171**	**125.628**	**128.273**	**132.737**	**134.605**
Anteil Fächergruppe in Prozent	41,1	38,9	40,3	40,5	39,8	39,5	39,7	40,0	40,5	42,1	43,2
Humanmedizin/ Gesundheitswissenschaften	**13.358**	**14.345**	**15.142**	**15.222**	**15.686**	**15.856**	**16.534**	**17.331**	**17.935**	**19.521**	**20.308**
Anteil Fächergruppe in Prozent	5,6	5,5	5,2	5,2	5,1	5,1	5,3	5,5	5,7	6,2	6,5
Agrar-, Forst- und Ernährungswissenschaften, Veterinärmedizin	**6.534**	**7.204**	**7.729**	**7.125**	**7.521**	**7.345**	**7.158**	**7.008**	**7.442**	**6.978**	**7.148**
Anteil Fächergruppe in Prozent	2,7	2,8	2,7	2,4	2,4	2,4	2,3	2,2	2,3	2,2	2,3
Kunst, Kunstwissenschaften	**10.399**	**11.185**	**11.544**	**11.820**	**12.525**	**12.866**	**12.542**	**11.913**	**11.514**	**11.268**	**11.119**
Anteil Fächergruppe in Prozent	4,3	4,3	4,0	4,0	4,1	4,2	4,0	3,8	3,6	3,6	3,6
Mathematik, Naturwissenschaften	**22.986**	**27.377**	**30.953**	**32.800**	**34.096**	**32.793**	**31.665**	**31.635**	**30.001**	**28.081**	**26.261**
Anteil Fächergruppe in Prozent	9,6	10,5	10,7	11,1	11,1	10,6	10,2	10,1	9,5	8,9	8,4
Ingenieurwissenschaften	**53.496**	**58.514**	**64.004**	**65.621**	**71.128**	**75.697**	**77.049**	**78.018**	**81.300**	**78.552**	**76.133**
Anteil Fächergruppe in Prozent	22,3	22,5	22,2	22,3	23,1	24,4	24,9	24,9	25,6	24,9	24,4

1) Seit dem Wintersemester 2015/16 wird die neue Fächergruppengliederung des Statistischen Bundesamtes verwendet. Neben kleineren Änderungen wie der Umbenennung von Studienfächern oder der Zusammenlegung der Fächergruppe Veterinärmedizin mit den Agrar-, Forst- und Ernährungswissenschaften wurden zwei größere Neuzuordnungen vorgenommen. Die Fächergruppe Rechts-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften enthält nun auch die bisher der Fächergruppe Sprach- und Kulturwissenschaften (jetzt: Geisteswissenschaften) zugeordneten Studienbereiche Psychologie, Erziehungswissenschaft und Sonderpädagogik. Der Studienbereich Informatik wird seit der Umstellung als Teil der Ingenieurwissenschaften gezählt und nicht, wie vorher, als Teil der Fächergruppe Mathematik, Naturwissenschaften. In den Ingenieurwissenschaften wurde außerdem ein neuer Studienbereich Materialwissenschaft und Werkstofftechnik eingeführt, zu dem die beiden Fächer Materialwissenschaften und Werkstofftechnik gehören, die zuvor dem Studienbereich Maschinenbau zugeordnet waren. Alle Zeitreihen wurden rückwirkend auf die neue Fächersystematik umgestellt. Dadurch werden Brüche in der Zeitreihe vermieden. Ein Vergleich mit den Tabellen aus den EFI-Jahresgutachten bis 2017 ist jedoch nur noch eingeschränkt möglich.

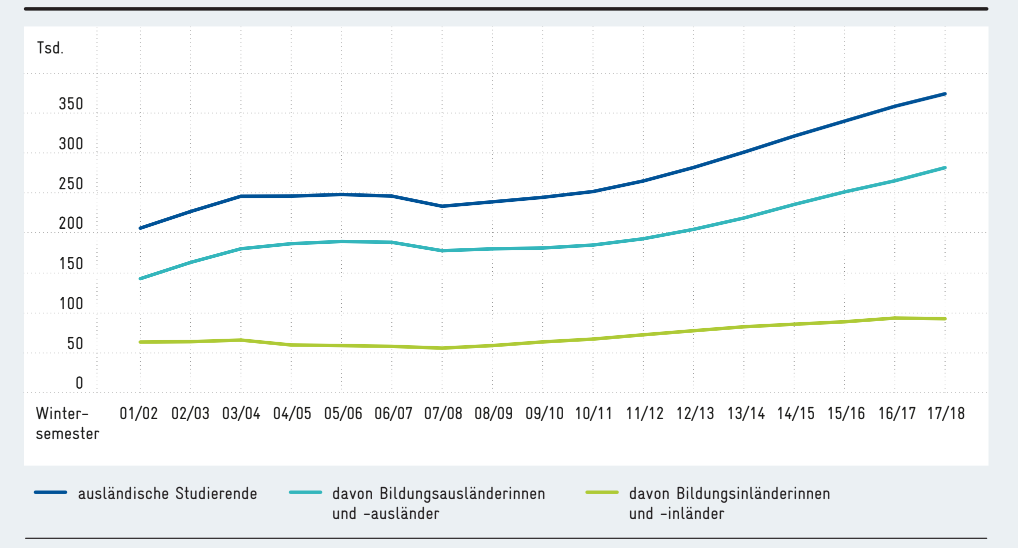
2) Absolventinnen und Absolventen mit erstem Studienabschluss.

Quelle: Statistisches Bundesamt sowie Recherche des DZHW-ICE in Gehrke et al. (2019).

Abb C 1-5

Ausländische Studierende an deutschen Hochschulen

Ausländische Studierende sind Personen ohne deutsche Staatsangehörigkeit. Sie werden eingeteilt in Bildungsinländerinnen und -inländer, deren Hochschulzugangsberechtigung aus Deutschland stammt, und Bildungsausländerinnen und -ausländer, die diese im Ausland erworben haben.



ausländische Studierende
davon Bildungsausländerinnen und -ausländer
davon Bildungsinländerinnen und -inländer

Quelle: Statistisches Bundesamt sowie Recherche des DZHW-ICE in Gehrke et al. (2019).

Tab C 1-6

Weiterbildungsbeteiligung von Personen und Betrieben in Prozent

Individuelle Weiterbildungsquote: Teilnahme an einer Weiterbildungsmaßnahme in den letzten vier Wochen vor dem Befragungszeitpunkt. Betriebliche Weiterbildungsbeteiligung: Anteil der Betriebe, in denen Arbeitskräfte für Weiterbildung freigestellt oder Kosten für Weiterbildung übernommen wurden.*

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
a) Individuelle Weiterbildungsquote	4,9	5,5	5,0	4,9	4,9	5,1	4,9	4,8	4,9	5,2	5,0
Erwerbstätige	**5,9**	**6,4**	**5,8**	**5,6**	**5,6**	**5,9**	**5,6**	**5,5**	**5,5**	**5,8**	**5,4**
niedrig (ISCED 0-2)	1,5	1,7	1,4	1,3	1,0	1,4	1,4	1,3	1,2	1,5	1,5
mittel (ISCED 3-4)	4,1	4,4	4,2	3,9	3,9	4,1	3,9	4,2	4,3	4,5	4,2
hoch (ISCED 5-8)	11,4	12,2	10,6	10,5	10,3	10,6	10,1	9,4	9,3	9,7	8,9
Erwerbslose	**3,1**	**4,9**	**4,3**	**3,9**	**4,6**	**3,8**	**3,6**	**3,7**	**3,7**	**4,2**	**5,3**
niedrig (ISCED 0-2)	2,5	2,4	2,7	3,5	3,6	3,1	2,9	2,8	2,6	3,3	5,1
mittel (ISCED 3-4)	2,9	5,3	4,0	3,2	4,0	3,6	3,4	3,3	3,4	3,6	4,3
hoch (ISCED 5-8)	5,4	8,1	8,4	8,3	10,0	6,6	5,4	6,4	6,3	7,2	8,6
Nichterwerbspersonen	**1,7**	**2,3**	**1,9**	**2,0**	**1,9**	**1,6**	**1,8**	**1,8**	**2,0**	**2,4**	**3,2**
niedrig (ISCED 0-2)	0,8	1,4	1,8	1,6	1,5	1,4	1,4	1,3	1,7	2,5	4,0
mittel (ISCED 3-4)	1,7	1,8	1,5	1,8	1,9	1,4	1,5	1,6	1,6	1,8	2,2
hoch (ISCED 5-8)	3,5	5,4	3,4	3,6	2,7	2,8	3,5	3,4	3,7	4,4	4,9
b) Betriebliche Weiterbildungsbeteiligung[1]	**45,5**	**49,0**	**44,6**	**44,1**	**52,6**	**53,1**	**52,1**	**53,6**	**52,8**	**53,2**	**-**
Nach Branchen											
Wissensintensives produzierendes Gewerbe	65,3	65,1	52,6	55,9	62,9	65,5	66,7	69,9	70,6	64,0	-
Nicht-wissensintensives produzierendes Gewerbe	33,2	37,8	32,5	33,3	41,2	43,2	41,8	43,0	44,5	46,3	-
Wissensintensive Dienstleistungen	63,2	68,3	58,7	57,1	68,7	67,2	67,4	67,0	67,5	69,2	-
Nicht-wissensintensive Dienstleistungen	37,3	39,4	38,0	37,5	44,9	45,3	44,3	46,0	43,8	43,7	-
Nicht-gewerbliche Wirtschaft	49,9	53,8	51,9	51,2	59,0	60,3	58,4	61,9	60,1	59,3	-
Nach Betriebsgrößen											
< 50 Beschäftigte	43,2	46,9	42,5	41,8	50,5	50,9	49,8	51,4	50,5	50,8	-
50 – 249 Beschäftigte	85,1	86,7	81,3	83,3	90,8	89,7	90,1	90,8	89,3	90,0	-
250 – 499 Beschäftigte	95,2	95,9	92,0	93,3	95,9	96,5	97,0	96,9	96,8	96,4	-
≥ 500 Beschäftigte	95,3	97,8	96,0	97,9	98,4	97,8	99,1	99,1	97,1	97,8	-

* Fragestellung im IAB-Betriebspanel: „Wurden Arbeitskräfte zur Teilnahme an inner- oder außerbetrieblichen Maßnahmen freigestellt bzw. wurden die Kosten für Weiterbildungsmaßnahmen ganz oder teilweise vom Betrieb übernommen?"

Zu ISCED vgl. C 1-1.

Grundgesamtheit a): Alle Personen im Alter von 25–64 Jahren.

Grundgesamtheit b): Alle Betriebe mit mindestens einer sozialversicherungspflichtig beschäftigten Person.

[1] Die Daten für die betriebliche Weiterbildungsbeteiligung im Jahr 2017 lagen zum Redaktionsschluss noch nicht vor.

Quelle a): Europäische Arbeitskräfteerhebung (Sonderauswertung). Berechnungen des CWS in Gehrke et al. (2019).

Daten für 2016 und 2017 durch methodische Umstellungen und verschärfte Geheimhaltungsregeln bei den Erwerbslosen und den Inaktiven nur eingeschränkt mit den Vorjahren vergleichbar.

Quelle b): IAB-Betriebspanel (Sonderauswertung). Berechnungen des CWS in Gehrke et al. (2019).

C 2 Forschung und Entwicklung[522]

Die FuE-Intensität (C 2-1) in Deutschland, d. h. der Anteil der FuE-Ausgaben am Bruttoinlandsprodukt, ist gestiegen. Während die FuE-Intensität im Jahr 2016 noch bei 2,93 Prozent lag, erreichte sie im Jahr 2017 einen Wert von 3,02 Prozent. Ebenfalls deutlich gestiegen ist die FuE-Intensität in Schweden, sie wuchs im selben Zeitraum von 3,25 auf 3,33 Prozent. Trotzdem erreicht Schweden noch nicht wieder das Niveau der Jahre 2008 und 2009. In diesen Jahren verzeichnete Schweden eine FuE-Intensität von 3,5 bzw. 3,45 Prozent. Gesunken sind die FuE-Intensitäten in Großbritannien und Frankreich: In Großbritannien ging die FuE-Intensität 2017 gegenüber 2016 von 1,69 auf 1,67 Prozent und in Frankreich von 2,25 auf 2,19 Prozent zurück. Einen deutlichen Rückgang am aktuellen Rand verzeichnet auch Japan. Von 2015 auf 2016 sank die FuE-Intensität von 3,28 auf 3,14 Prozent.

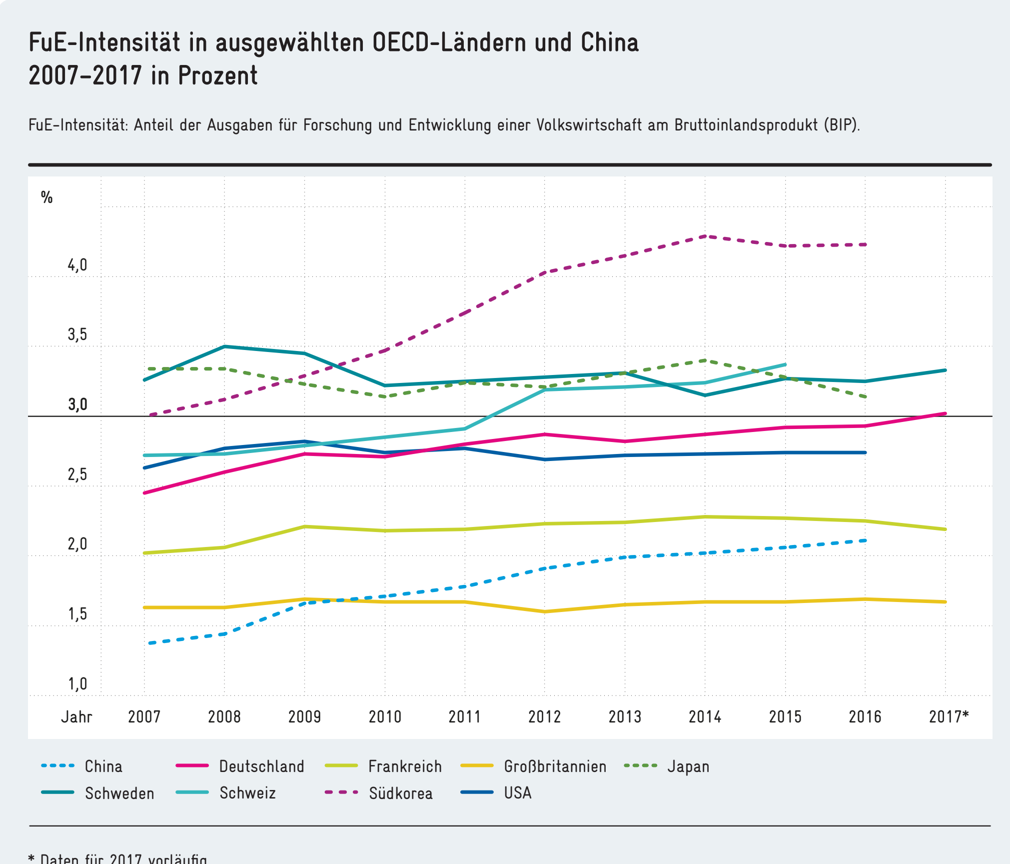
In Deutschland ist der Haushaltsansatz für zivile FuE (C 2-2), also das im Staatshaushalt festgesetzte Budget zur Finanzierung von FuE, im vergangenen Jahr erneut gestiegen. Er lag 2018 58 Prozent über dem Ausgangsniveau von 2008. Starke Zuwächse verzeichnen auch die Haushaltsansätze Schwedens, Südkoreas und der Schweiz, während die Haushaltsansätze der USA, Großbritanniens und Frankreichs gegenüber dem Ausgangsjahr 2008 nur moderat gewachsen sind. Eine auffällige Entwicklung am aktuellen Rand verzeichnet der japanische Haushaltsansatz. Nach vielen Jahren moderaten Wachstums verzeichnet der Index von 2017 auf 2018 eine deutliche Steigerung von 117 auf 130 Prozent.

Die Verteilung der Bruttoinlandsausgaben für FuE nach durchführendem Sektor (C 2-3) zeigt für Deutschland, dass der Anteil des Wirtschaftssektors von 70 Prozent im Jahr 2006 auf 68,7 Prozent im Jahr 2016 gesunken ist. Die Hochschulen haben ihren Ausgabenanteil bei der FuE-Durchführung deutlich gesteigert. Ihr Anteil an den FuE-Ausgaben stieg zwischen 2006 und 2016 von 16,1 auf 18 Prozent. Der Anteil des Staates veränderte sich mit 13,9 zu 13,8 Prozent kaum.

Für die Bundesländer lagen bis Redaktionsschluss nur Zahlen bis 2016 vor. Die FuE-Intensität der Bundesländer (C 2-4) ist zwischen 2006 und 2016 im Durchschnitt von 2,45 auf 2,93 Prozent gestiegen. Der Beitrag der einzelnen Bundesländer zu diesem Anstieg fällt allerdings sehr unterschiedlich aus. Während die FuE-Intensität Baden-Württembergs von 4,04 auf 4,92 Prozent stieg und Niedersachsen einen Zuwachs von 2,21 auf 3,31 Prozent verzeichnete, konnte Berlin – als einziges Bundesland – keine Steigerung seiner FuE-Intensität vorweisen. Die FuE-Intensität Berlins lag im Jahr 2016 mit 3,49 Prozent auf demselben Niveau wie 2006. Die FuE-Ausgaben einzelner Bundesländer können starken jährlichen Schwankungen unterliegen, weil Veränderungen der FuE-Ausgaben einzelner Industrieunternehmen starken Einfluss auf die Indikatoren haben können.

Für die Indikatoren Interne FuE-Ausgaben der Unternehmen nach Herkunft der Mittel sowie Interne FuE-Ausgaben in Prozent des Umsatzes aus eigenen Erzeugnissen liegen noch keine aktuellen Daten vor. Die Tabelle C 2-5 und die Abbildung C 2-6 wurden aus dem Gutachten 2018 übernommen.





FuE-Intensität in ausgewählten OECD-Ländern und China 2007–2017 in Prozent

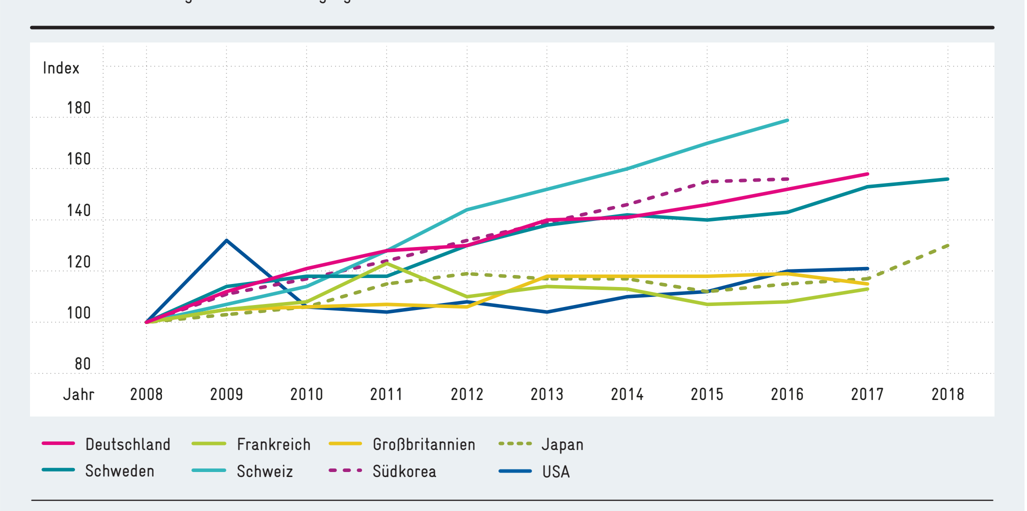
FuE-Intensität: Anteil der Ausgaben für Forschung und Entwicklung einer Volkswirtschaft am Bruttoinlandsprodukt (BIP).

* Daten für 2017 vorläufig.
Quelle: OECD, EUROSTAT. Berechnungen und Schätzungen des CWS in Schasse (2019).

Abb C 2-2

Haushaltsansätze des Staates für zivile FuE

FuE-Haushaltsansätze: Betrachtet werden die im Haushaltsplan festgesetzten Budgets, die für die Finanzierung von FuE zur Verfügung stehen.



Deutschland, Frankreich, Großbritannien, Japan, Schweden, Schweiz, Südkorea, USA

Index: 2008 = 100, Daten zum Teil geschätzt.
Quelle: OECD, EUROSTAT. Berechnungen und Schätzungen des CWS in Schasse (2019).

Tab C 2-3

Verteilung der Bruttoinlandsausgaben für FuE (GERD) nach durchführendem Sektor 2006 und 2016

Die Bruttoinlandsausgaben für FuE (Gross Domestic Expenditure on R&D – GERD) sind Ausgaben für Forschung und Entwicklung der drei Sektoren Wirtschaft, Hochschulen und Staat.

	2006					2016				
		davon durchgeführt von … (in Prozent)					davon durchgeführt von … (in Prozent)			
Länder	GERD in Mio. US-Dollar	Wirt-schaft	Hoch-schulen	Staat	Private Nonprofit	GERD in Mio. US-Dollar	Wirt-schaft	Hoch-schulen	Staat	Private Nonprofit
Deutschland	69.318	70,0	16,1	13,9	-	118.159	68,2	18,0	13,8	-
Frankreich	42.347	63,1	19,2	16,5	1,2	62.163	63,6	22,0	12,9	1,6
Großbritannien	33.299	61,7	26,1	10,0	2,2	47.245	67,0	24,6	6,3	2,1
Japan	138.565	77,2	12,7	8,3	1,9	168.645	78,8	12,3	7,5	1,4
Schweden	11.900	74,7	20,6	4,5	0,2	15.796	69,6	26,8	3,4	0,2
Schweiz [1]	8.436	73,7	22,9	1,1	2,3	17.788	71,0	26,7	0,9	1,5
Südkorea	35.413	77,3	10,0	11,6	1,2	79.354	77,7	9,1	11,5	1,6
USA	353.328	70,1	13,9	12,0	4,1	511.089	71,2	13,2	11,5	4,1
China	105.581	30,4	9,2	19,7	-	451.201	77,5	6,8	15,7	-

Datenstand 12/2018. [1] 2004 statt 2006 und 2015 statt 2016.
Deutschland und China: Private Nonprofit-Organisationen in „Staat" enthalten.
Quelle: OECD, EUROSTAT. Berechnungen des CWS in Schasse (2019).

Tab C 2-4

FuE-Intensität der Bundesländer 2006 und 2016 in Prozent

FuE-Intensität: Anteil der Ausgaben der Bundesländer für Forschung und Entwicklung an ihrem Bruttoinlandsprodukt, aufgeschlüsselt nach durchführenden Sektoren.

	2006				2016			
Bundesländer	**Gesamt**	**Wirtschaft**	**Staat**	**Hochschulen**	**Gesamt**	**Wirtschaft**	**Staat**	**Hochschulen**
Baden-Württemberg	4,04	3,27	0,38	0,39	4,92	4,01	0,40	0,52
Bayern	2,95	2,37	0,25	0,33	3,17	2,42	0,31	0,44
Berlin	3,49	1,73	0,98	0,77	3,49	1,44	1,13	0,93
Brandenburg	1,22	0,29	0,66	0,26	1,73	0,61	0,76	0,36
Bremen	2,14	0,91	0,68	0,55	2,85	1,02	1,04	0,78
Hamburg	1,81	1,12	0,35	0,35	2,22	1,25	0,44	0,54
Hessen	2,55	2,06	0,16	0,33	2,88	2,16	0,27	0,45
Mecklenburg-Vorpommern	1,45	0,33	0,58	0,55	1,85	0,60	0,64	0,60
Niedersachsen	2,21	1,49	0,32	0,40	3,31	2,43	0,36	0,53
Nordrhein-Westfalen	1,74	1,09	0,26	0,39	1,98	1,13	0,30	0,54
Rheinland-Pfalz	1,69	1,21	0,16	0,33	2,44	1,80	0,17	0,46
Saarland	0,98	0,32	0,28	0,38	1,56	0,67	0,34	0,54
Sachsen	2,29	1,10	0,64	0,55	2,71	1,17	0,77	0,76
Sachsen-Anhalt	1,21	0,36	0,44	0,41	1,46	0,37	0,49	0,59
Schleswig-Holstein	1,18	0,54	0,31	0,33	1,49	0,77	0,33	0,39
Thüringen	1,88	1,01	0,39	0,48	2,05	0,98	0,47	0,60
Deutschland	**2,45**	**1,72**	**0,34**	**0,39**	**2,93**	**2,00**	**0,40**	**0,53**

Quelle: SV Wissenschaftsstatistik und Statistische Ämter des Bundes und der Länder in Schasse (2019).

Tab C 2-5

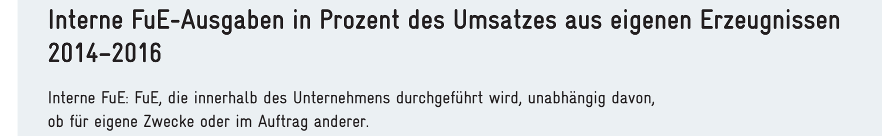
Interne FuE-Ausgaben der Unternehmen nach Herkunft der Mittel, Wirtschaftszweigen, Größen- und Technologieklassen 2015

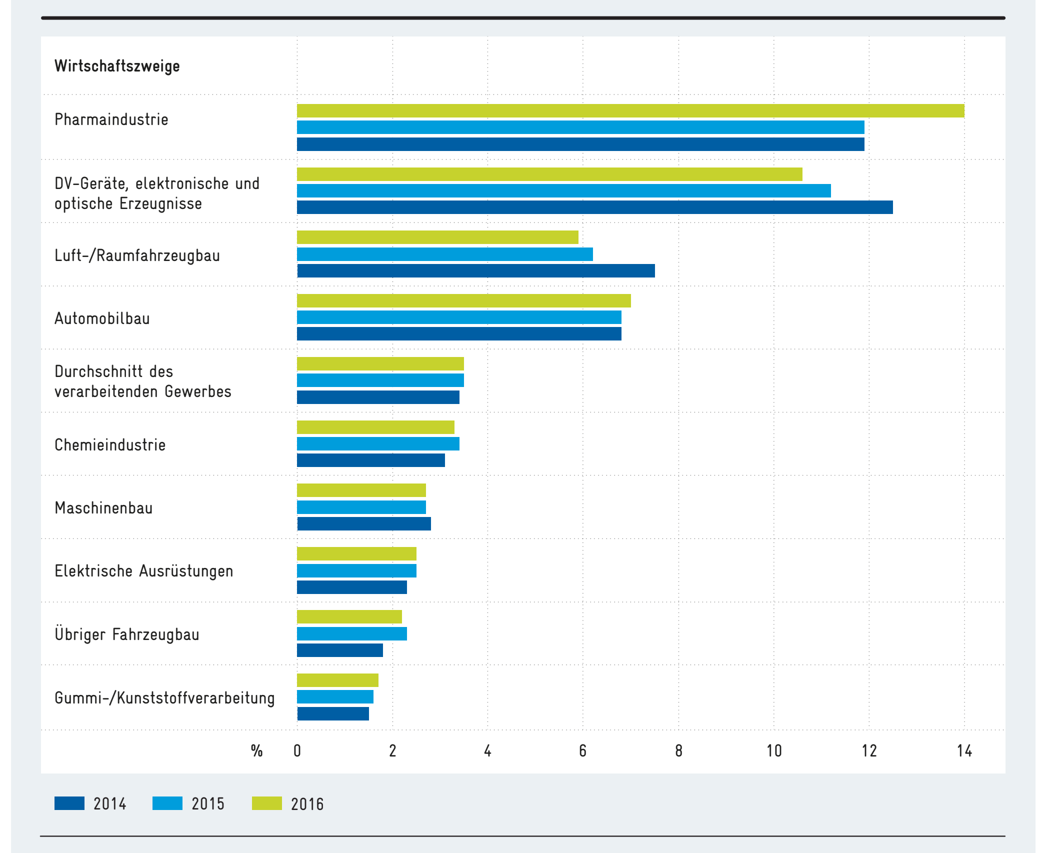
Interne FuE: FuE, die innerhalb des Unternehmens durchgeführt wird, unabhängig davon, ob für eigene Zwecke oder im Auftrag anderer.

	Interne FuE-Ausgaben				
	insgesamt	davon finanziert von			
		Wirtschaft	Staat	andere Inländer	Ausland
	in 1.000 Euro	in Prozent			
Alle forschenden Unternehmen	**60.657.135**	**90,1**	**3,1**	**0,1**	**6,7**
Verarbeitendes Gewerbe	51.912.569	90,8	2,0	0,1	7,1
Chemische Industrie	3.786.071	90,1	1,4	0,0	8,4
Pharmazeutische Industrie	3.956.079	76,4	0,5	0,0	23,1
Kunststoff-, Glas- u. Keramikindustrie	1.398.754	92,6	2,7	0,3	4,4
Metallerzeugung und -bearbeitung	1.354.999	80,5	9,3	0,2	9,9
Elektrotechnik/Elektronik	9.790.457	91,1	2,7	0,0	6,2
Maschinenbau	5.459.450	95,1	2,1	0,1	2,7
Fahrzeugbau	23.473.463	92,4	1,3	0,2	6,0
Übriges verarbeitendes Gewerbe	2.693.298	93,0	4,3	0,1	2,6
Übrige Wirtschaftszweige	8.744.565	86,1	9,5	0,1	4,2
weniger als 100 Beschäftigte	2.539.754	75,4	17,4	0,2	6,9
100 bis 499 Beschäftigte	5.247.883	84,6	7,9	0,2	7,2
500 bis 999 Beschäftigte	3.660.396	87,6	6,2	0,1	6,1
1.000 und mehr Beschäftigte	49.209.102	91,6	1,6	0,1	6,6
Technologieklassen in der Industrie					
Spitzentechnologie (> 9 Prozent FuE-Ausgaben/Umsatz)	13.463.726	84,9	3,4	0,0	11,7
Hochwertige Technologie (3-9 Prozent FuE-Ausgaben/Umsatz)	32.511.084	93,3	1,1	0,2	5,5

Quelle: SV Wissenschaftsstatistik in Schasse et al. (2018).







Angaben ohne Vorsteuer.
Quelle: SV Wissenschaftsstatistik, Statistisches Bundesamt, Unternehmensergebnisse Deutschland.
Berechnungen des CWS in Schasse et al. (2018).

C 3 Innovationsverhalten der Wirtschaft

Die alle zwei Jahre durchgeführte europaweite Innovationserhebung Community Innovation Surveys (CIS) bildet die Datengrundlage für den internationalen Vergleich des Innovationsverhaltens der Unternehmen (C 3-1).[523] Die CIS werden von allen Mitgliedsstaaten der EU sowie von einigen anderen europäischen Ländern auf einer harmonisierten methodischen Grundlage und unter Koordination von Eurostat durchgeführt. Die CIS basieren auf einem weitgehend einheitlichen Fragebogen und richten sich an Unternehmen mit zehn oder mehr Beschäftigten in der produzierenden Industrie und in ausgewählten Dienstleistungssektoren. Die aktuelle Auswertung bezieht sich auf 2016 (CIS 2016). In dem Jahr betrug die Innovationsintensität der forschungsintensiven Industrie in Deutschland 7,4 Prozent. Sie lag damit über den Quoten der meisten Vergleichsländer. Allerdings wiesen Schweden mit 8,2 Prozent und Dänemark mit 7,8 Prozent in der forschungsintensiven Industrie etwas höhere Innovationsintensitäten auf.

Die in den Grafiken C 3-2 und C 3-3 dargestellten Daten zum Innovationsverhalten der deutschen Wirtschaft beruhen auf der seit 1993 jährlich durchgeführten Innovationserhebung des Zentrums für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW), dem Mannheimer Innovationspanel (MIP).[524] Daten aus dem MIP stellen den deutschen Beitrag zu den CIS dar. Das MIP umfasst aber über die an Eurostat zu meldenden Daten hinaus auch Daten zu Unternehmen mit fünf bis neun Beschäftigten.

Die Innovationsintensität (C 3-2) wies in den letzten Jahren in allen betrachteten Sektoren der Industrie und der unternehmensorientierten Dienstleistungen nur geringe Schwankungen auf. Die höchsten Quoten waren im gesamten Betrachtungszeitraum in der FuE-intensiven Industrie und in den wissensintensiven Dienstleistungen (ohne Finanzdienstleistungen) zu verzeichnen. Sie betrugen im Jahr 2017 8,7 bzw. 5,3 Prozent. Deutlich darunter lagen mit 0,8 bzw. 0,7 Prozent die Innovationsintensitäten in den Finanzdienstleistungen und in den sonstigen Dienstleistungen.

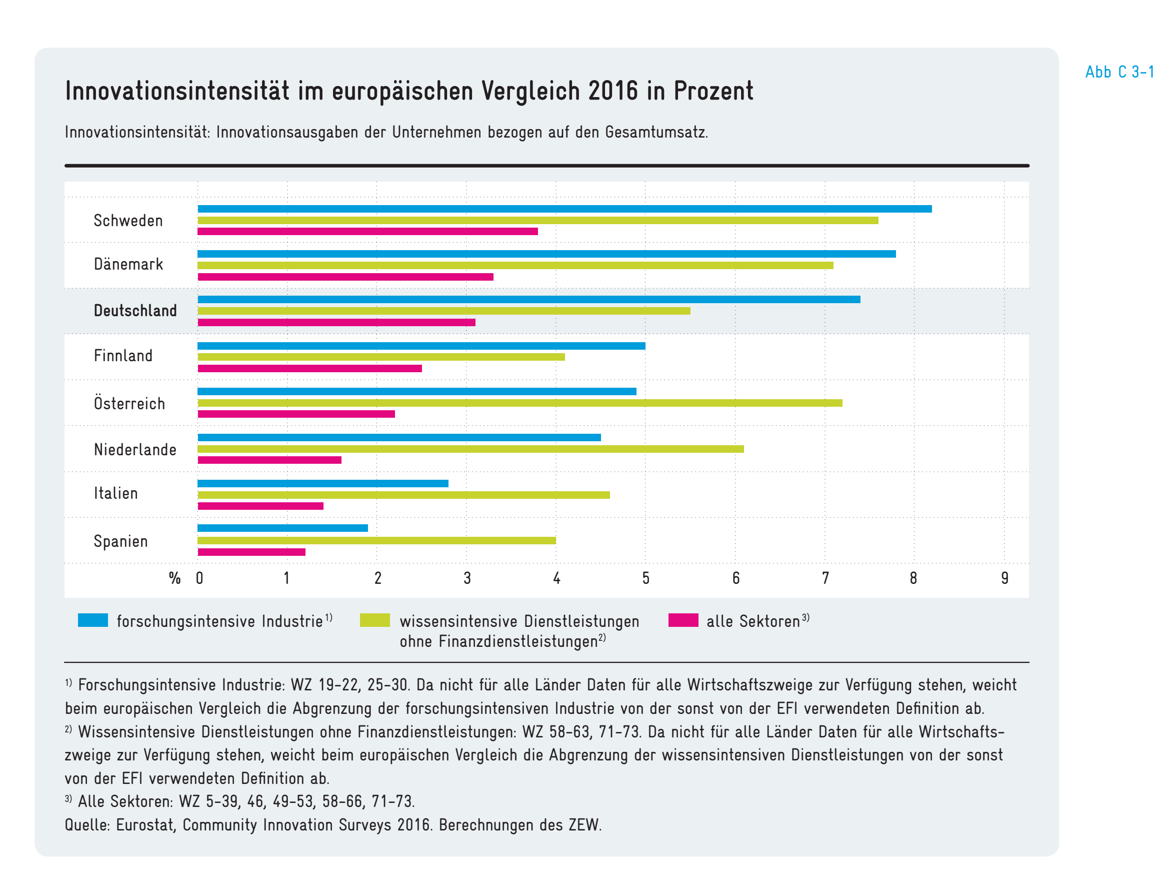
Der Anteil des Umsatzes mit neuen Produkten (C 3-3) stieg 2017 sowohl in den wissensintensiven Dienstleistungen (von 11 auf 15,4 Prozent) als auch in der sonstigen Industrie (von 6,7 auf 8,3 Prozent) gegenüber dem Vorjahr deutlich an. In der FuE-intensiven Industrie war im selben Zeitraum eine leichte Erhöhung der Quote zu verzeichnen (von 34,2 auf 34,5 Prozent) und in den sonstigen Dienstleistungen ein leichter Rückgang (von 6,4 auf 6,2 Prozent).

Ein wichtiger Aspekt bei der Kommerzialisierung innovativer Technologien ist die Normung und Standardisierung. Auf internationaler Ebene werden Normen und Standards in den Komitees der International Organization for Standardization (ISO) entwickelt. Durch das Engagement in diesen Komitees kann ein Land maßgeblich Einfluss auf die globalen technischen Infrastrukturen nehmen (C 3-4)[525]. Deutsche Unternehmen brachten sich 2018 in die Arbeit der ISO deutlich häufiger ein als Vertreterinnen und Vertreter anderer Länder.[526] China, Japan und Südkorea konnten im Zeitraum 2008 bis 2018 die Anzahl der von ihnen geführten Sekretariate bei der ISO deutlich erhöhen.

Abb C 3-1

Innovationsintensität im europäischen Vergleich 2016 in Prozent

Innovationsintensität: Innovationsausgaben der Unternehmen bezogen auf den Gesamtumsatz.

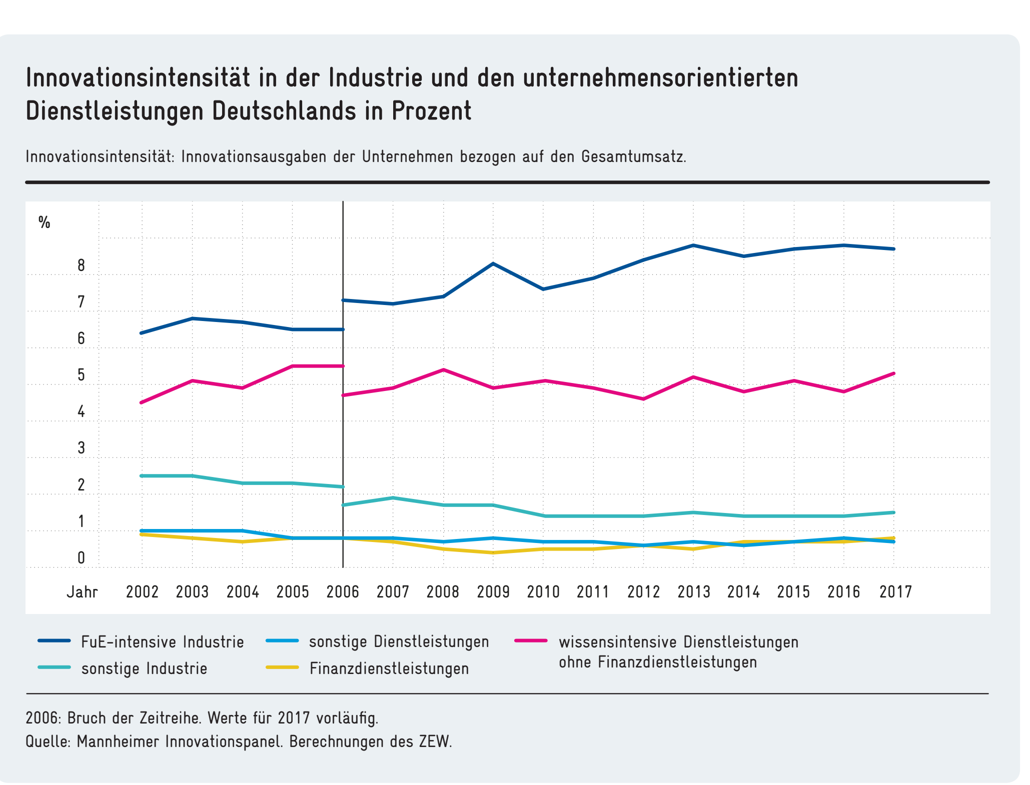


[1] Forschungsintensive Industrie: WZ 19-22, 25-30. Da nicht für alle Länder Daten für alle Wirtschaftszweige zur Verfügung stehen, weicht beim europäischen Vergleich die Abgrenzung der forschungsintensiven Industrie von der sonst von der EFI verwendeten Definition ab.
[2] Wissensintensive Dienstleistungen ohne Finanzdienstleistungen: WZ 58-63, 71-73. Da nicht für alle Länder Daten für alle Wirtschaftszweige zur Verfügung stehen, weicht beim europäischen Vergleich die Abgrenzung der wissensintensiven Dienstleistungen von der sonst von der EFI verwendeten Definition ab.
[3] Alle Sektoren: WZ 5-39, 46, 49-53, 58-66, 71-73.
Quelle: Eurostat, Community Innovation Surveys 2016. Berechnungen des ZEW.

Abb C 3-2

Innovationsintensität in der Industrie und den unternehmensorientierten Dienstleistungen Deutschlands in Prozent

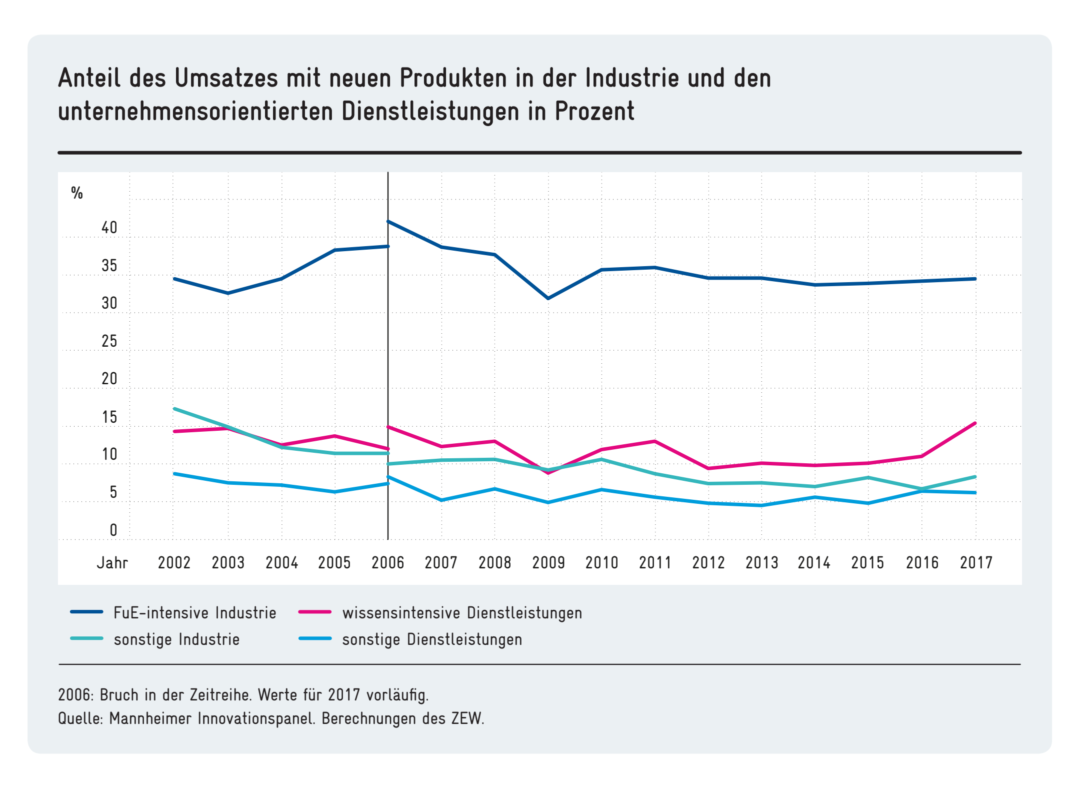
Innovationsintensität: Innovationsausgaben der Unternehmen bezogen auf den Gesamtumsatz.



2006: Bruch der Zeitreihe. Werte für 2017 vorläufig.
Quelle: Mannheimer Innovationspanel. Berechnungen des ZEW.

Abb C 3-3

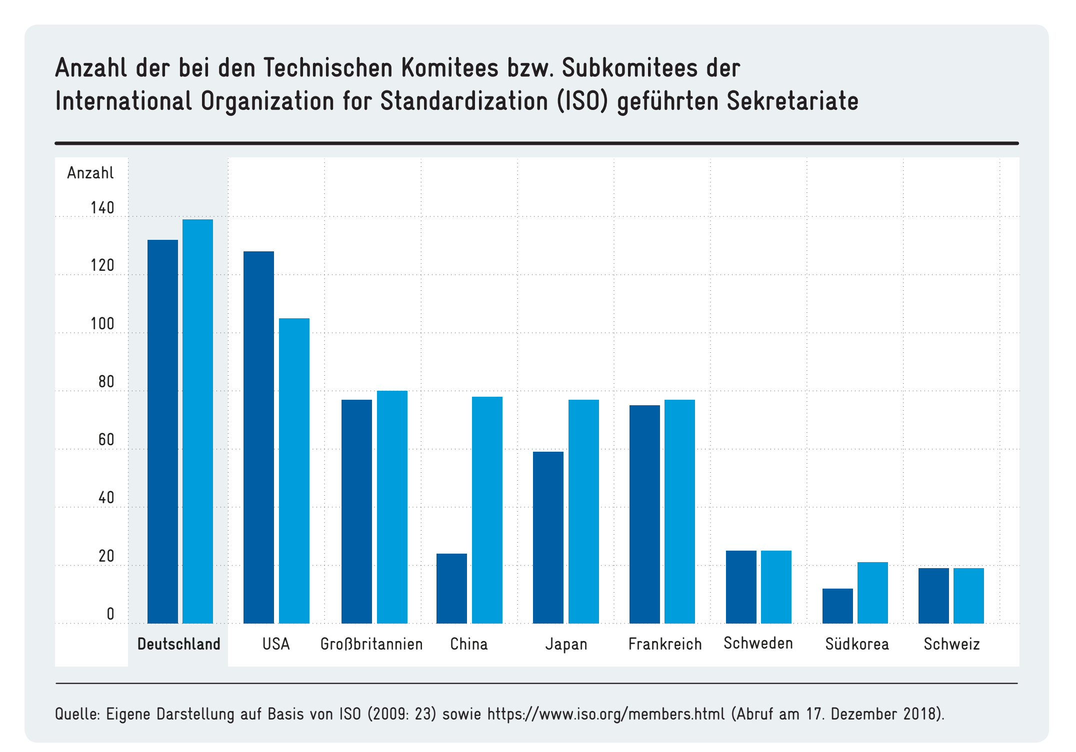
Anteil des Umsatzes mit neuen Produkten in der Industrie und den unternehmensorientierten Dienstleistungen in Prozent



2006: Bruch in der Zeitreihe. Werte für 2017 vorläufig.
Quelle: Mannheimer Innovationspanel. Berechnungen des ZEW.

Abb C 3-4

Anzahl der bei den Technischen Komitees bzw. Subkomitees der International Organization for Standardization (ISO) geführten Sekretariate



Quelle: Eigene Darstellung auf Basis von ISO (2009: 23) sowie https://www.iso.org/members.html (Abruf am 17. Dezember 2018).

Finanzierung von Forschung und Innovation[527]

C 4

Die öffentliche Finanzierung von Forschung und Entwicklung (FuE) im Wirtschaftssektor kann über eine direkte FuE-Förderung (Projektförderung) oder eine indirekte FuE-Förderung (insbesondere steuerliche FuE-Förderung) erfolgen. Abbildung C 4-1 zeigt den Anteil der direkten und indirekten FuE-Förderung am Bruttoinlandsprodukt (BIP) in ausgewählten Ländern. Das Instrument der steuerlichen FuE-Förderung steht Unternehmen in den meisten der aufgeführten Länder zur Verfügung, Deutschland macht bislang von dieser Förderungsmöglichkeit keinen Gebrauch.

Sowohl in der Gründungs- als auch in der Wachstumsphase stellt die Finanzierung für viele innovative Unternehmen eine zentrale Herausforderung dar.[528] Junge, innovative Unternehmen können sich häufig nur dann erfolgreich am Markt etablieren, wenn sich in der Gründungs- und Aufbauphase private Investoren mit Wagniskapital beteiligen.

Abbildung C 4-2 gibt einen Überblick über den Anteil der Wagniskapitalinvestitionen am nationalen BIP ausgewählter europäischer Länder. Für den Vergleich werden Daten von Invest Europe, vormals European Private Equity and Venture Capital Association (EVCA), herangezogen, die aufgrund der harmonisierten Erfassung und Aufbereitung eine gute internationale Vergleichbarkeit ermöglichen.[529] Deutschland nimmt dabei im europäischen Vergleich nur eine Position im Mittelfeld ein. Die höchsten Wagniskapitalinvestitionen relativ zum BIP verzeichneten im Jahr 2017 Großbritannien und Schweden. In Deutschland stieg 2017 der Anteil der Wagniskapitalinvestitionen am BIP im Vergleich zum Vorjahr nur sehr leicht an.

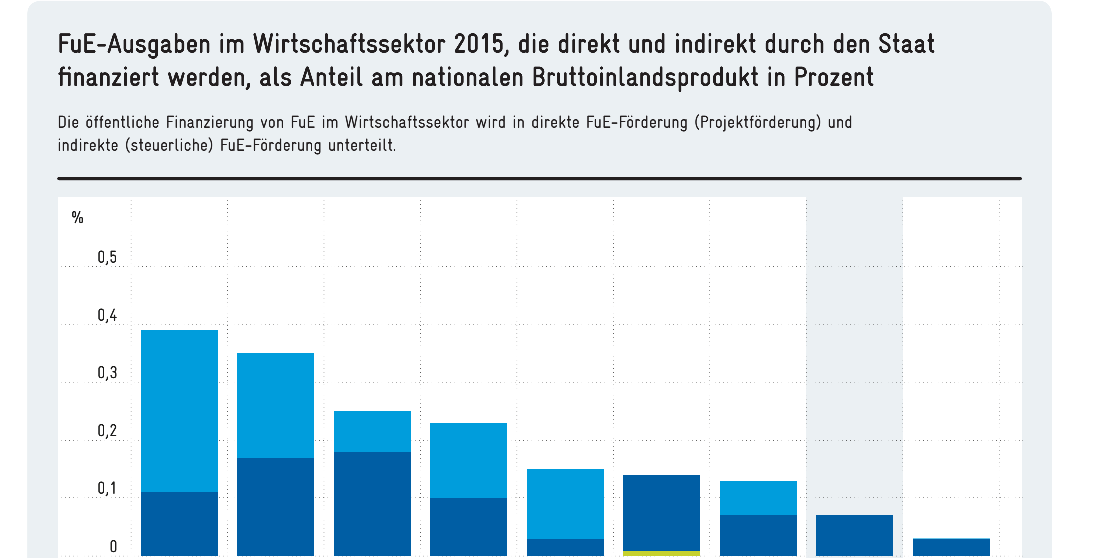
Da bei den Invest-Europe-Daten nur Wagniskapitalinvestitionen der im Verband organisierten Unternehmen erfasst werden, besteht die Gefahr, das Volumen zu unterschätzen.[530] Für die Analyse der Wagniskapitalinvestitionen in Deutschland werden daher neben den Invest-Europe-Daten auch Daten aus Transaktionsdatenbanken[531] verwendet. Deren Vorteil besteht darin, dass die Beobachtungseinheit die einzelne Transaktion ist, wodurch die Wahrscheinlichkeit erhöht wird, dass auch Ko-Investitionen von untypischen Marktteilnehmerinnen und Marktteilnehmern[532] und außereuropäischen Investoren erfasst werden.

Abbildung C 4-3 liefert einen Überblick über die Entwicklung der Wagniskapitalinvestitionen in Deutschland. Bei Betrachtung der Invest-Europe-Daten ist 2017 ein leichter Anstieg der Wagniskapitalinvestitionen im Vergleich zum Vorjahr zu verzeichnen. Zieht man die Transaktionsdaten zur Analyse der Wagniskapitalinvestitionen heran, ist im Zeitraum 2008 bis 2017 ein erheblicher Anstieg zu erkennen. Unter Verwendung dieser Daten kommt es zu einer deutlichen Veränderung der Struktur der Wagniskapitalinvestitionen. Allerdings würde eine solche Veränderung vermutlich auch für andere Länder festzustellen sein. Die erweiterte Datenbasis lässt also keine Rückschlüsse darüber zu, ob die im internationalen Vergleich schwache Position Deutschlands bei der Verfügbarkeit von Wagniskapital inzwischen relativ zu anderen Ländern verbessert werden konnte.

Abb C 4-1

FuE-Ausgaben im Wirtschaftssektor 2015, die direkt und indirekt durch den Staat finanziert werden, als Anteil am nationalen Bruttoinlandsprodukt in Prozent

Die öffentliche Finanzierung von FuE im Wirtschaftssektor wird in direkte FuE-Förderung (Projektförderung) und indirekte (steuerliche) FuE-Förderung unterteilt.

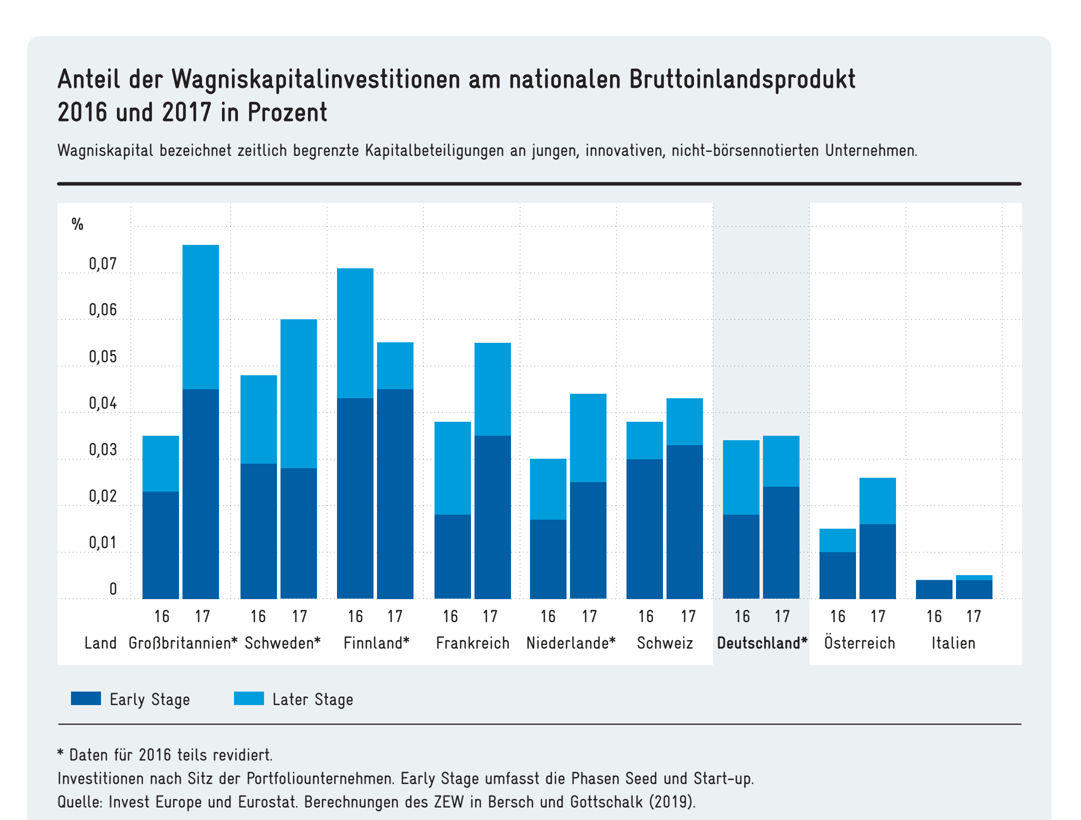


1) 2014. 2) 2013. 3) Daten revidiert.
Quelle: OECD (2018b).

Abb C 4-2

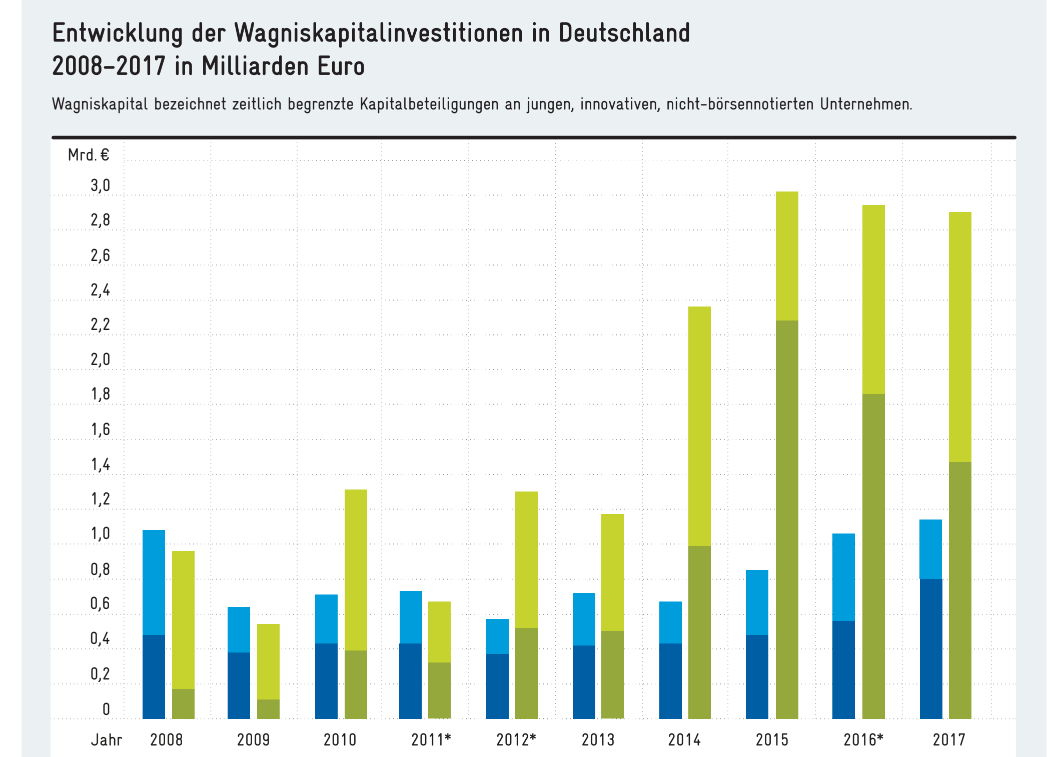
Anteil der Wagniskapitalinvestitionen am nationalen Bruttoinlandsprodukt 2016 und 2017 in Prozent

Wagniskapital bezeichnet zeitlich begrenzte Kapitalbeteiligungen an jungen, innovativen, nicht-börsennotierten Unternehmen.



* Daten für 2016 teils revidiert.
Investitionen nach Sitz der Portfoliounternehmen. Early Stage umfasst die Phasen Seed und Start-up.
Quelle: Invest Europe und Eurostat. Berechnungen des ZEW in Bersch und Gottschalk (2019).





* Verbandsdaten teils revidiert.
Alle Transaktionsdaten revidiert.
Investitionen nach Sitz der Portfoliounternehmen. Early Stage umfasst die Phasen Seed und Start-up.
Quelle Verbandsdaten: Invest Europe. Berechnungen des ZEW in Bersch und Gottschalk (2019).
Quelle Transaktionsdaten: Bureau van Dijk, Majunke. Berechnungen des ZEW in Bersch und Gottschalk (2019).

C 5 Unternehmensgründungen

Ein internationaler Vergleich der Gründungsraten, also der Zahl der Gründungen im Verhältnis zum Gesamtbestand der Unternehmen, ist nur auf europäischer Ebene möglich.[533] Hierzu werden die Business Demography Statistics von Eurostat herangezogen (vgl. C 5-1), die einen Teilbereich der Strukturellen Unternehmensstatistik (SUS) der Europäischen Union darstellen. Diese amtliche Datenbank basiert auf Auswertungen der Unternehmensregister in den einzelnen Mitgliedsstaaten. Die Werte für Deutschland stammen aus der Unternehmensdemografiestatistik des Statistischen Bundesamts, die eine Auswertung des Unternehmensregisters darstellt.[534] Im Jahr 2016 betrug die Gründungsrate in Deutschland 6,7 Prozent und lag damit deutlich unter den Gründungsraten in Großbritannien (15 Prozent), Frankreich (9,7 Prozent) und den Niederlanden (9,6 Prozent).[535] Auch bei den wissensintensiven Dienstleistungen konnte Deutschland mit einer Gründungsrate von 7,9 Prozent keine Spitzenposition erreichen. In der FuE-intensiven Industrie wies Deutschland mit 3,4 Prozent die niedrigste Gründungsrate der hier betrachteten Länder auf.

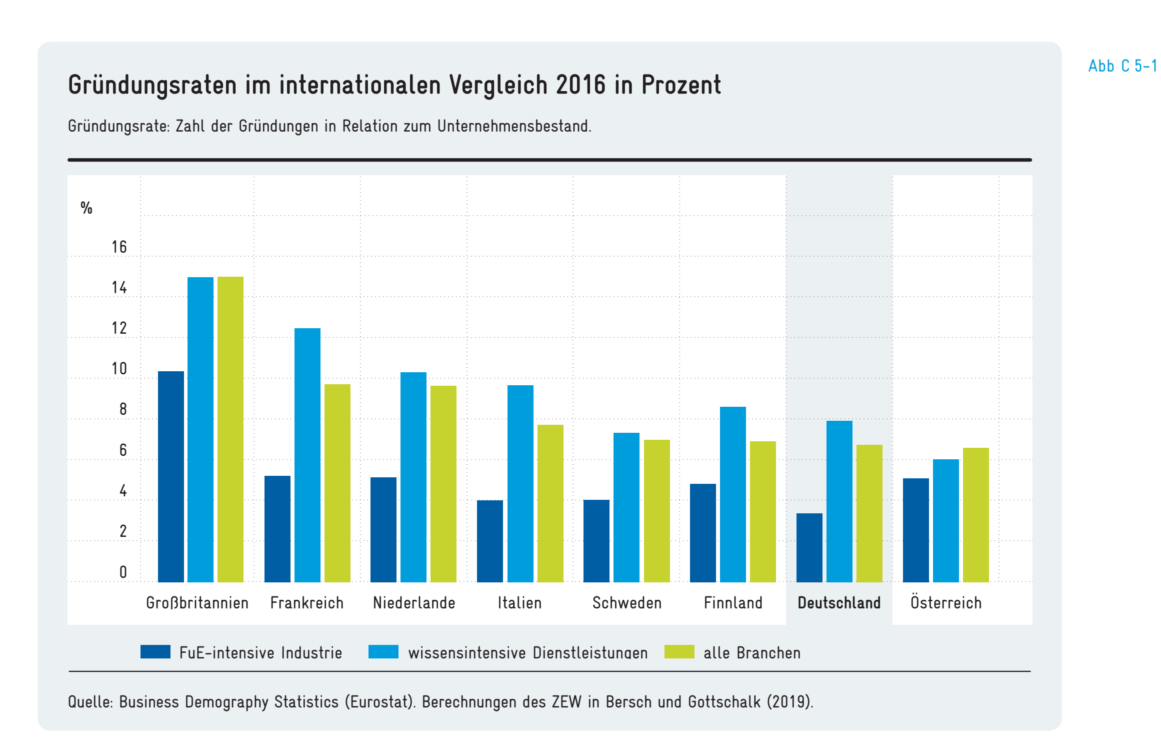
Grundlage der in den Grafiken C 5-2 bis C 5-4 dargestellten Ergebnisse zur Unternehmensdynamik in der Wissenswirtschaft ist eine vom Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) durchgeführte Auswertung des Mannheimer Unternehmenspanels (MUP). Das MUP ist ein Paneldatensatz des ZEW zu Unternehmen in Deutschland, der in Kooperation mit Creditreform, der größten deutschen Kreditauskunftei, erstellt wird. Der im MUP verwendete Unternehmensbegriff umfasst ausschließlich wirtschaftsaktive Unternehmen; als Unternehmensgründungen gelten nur originäre Neugründungen.[536] Die in Abbildung C 5-2 dargestellte Gründungsrate wird demnach auf einer anderen Datenbasis berechnet als bei den Business Demography Statistics, sodass hier kein direkter Vergleich möglich ist.[537] Im Jahr 2017 betrug die Gründungsrate in der Wissenswirtschaft gemäß den Daten des MUP wie auch ein Jahr zuvor 4,5 Prozent (C 5-2).[538] Sie war damit deutlich geringer als in den Jahren der Finanz- und Wirtschaftskrise (2008: 6,2 Prozent, 2009: 6,8 Prozent).

Die Schließungsrate in der Wissenswirtschaft lag im gesamten Betrachtungszeitraum unter derjenigen für alle Sektoren. Sie betrug im Jahr 2017 3,5 Prozent und sank damit gegenüber 2016 um rund 0,4 Prozentpunkte (C 5-3).[539] In allen betrachteten Bereichen der Wissenswirtschaft war die Quote am aktuellen Rand so niedrig wie noch nie im Beobachtungszeitraum.
Der Vergleich der Bundesländer für den Zeitraum 2015 bis 2017 offenbart erhebliche Unterschiede bei den Gründungsraten innerhalb Deutschlands (C 5-4).[540] Berlin wies sowohl über alle Branchen gesehen (7,3 Prozent) als auch in der FuE-intensiven Industrie (5,3 Prozent) und in den wissensintensiven Dienstleistungen (7,0 Prozent) die höchsten Gründungsraten aller Bundesländer auf. Die niedrigsten Gründungsraten wiesen über alle Branchen gesehen die ostdeutschen Flächenländer auf. In Thüringen betrug sie 3,3 Prozent, in Sachsen 3,7 Prozent, in Mecklenburg-Vorpommern 3,8 Prozent, in Sachsen-Anhalt 4,0 Prozent und in Brandenburg 4,1 Prozent.

Abb C 5-1

Gründungsraten im internationalen Vergleich 2016 in Prozent

Gründungsrate: Zahl der Gründungen in Relation zum Unternehmensbestand.

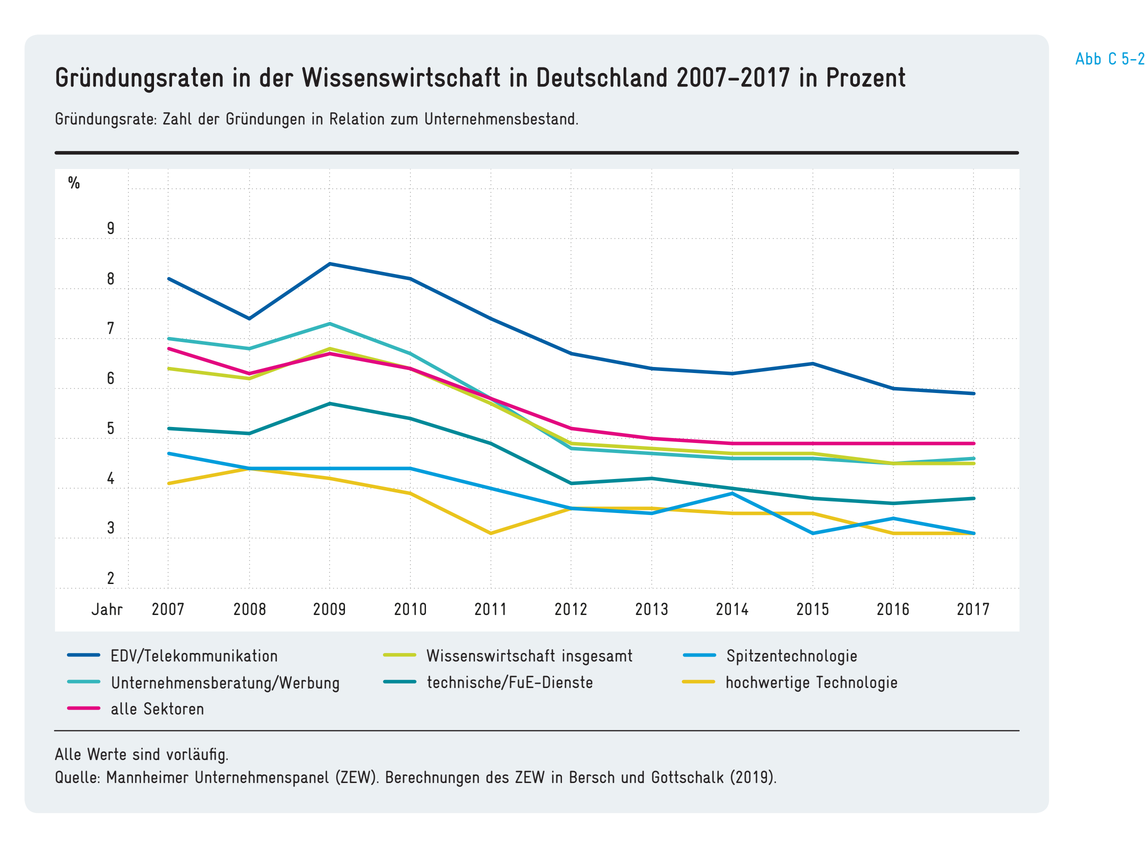


Quelle: Business Demography Statistics (Eurostat). Berechnungen des ZEW in Bersch und Gottschalk (2019).

Abb C 5-2

Gründungsraten in der Wissenswirtschaft in Deutschland 2007–2017 in Prozent

Gründungsrate: Zahl der Gründungen in Relation zum Unternehmensbestand.

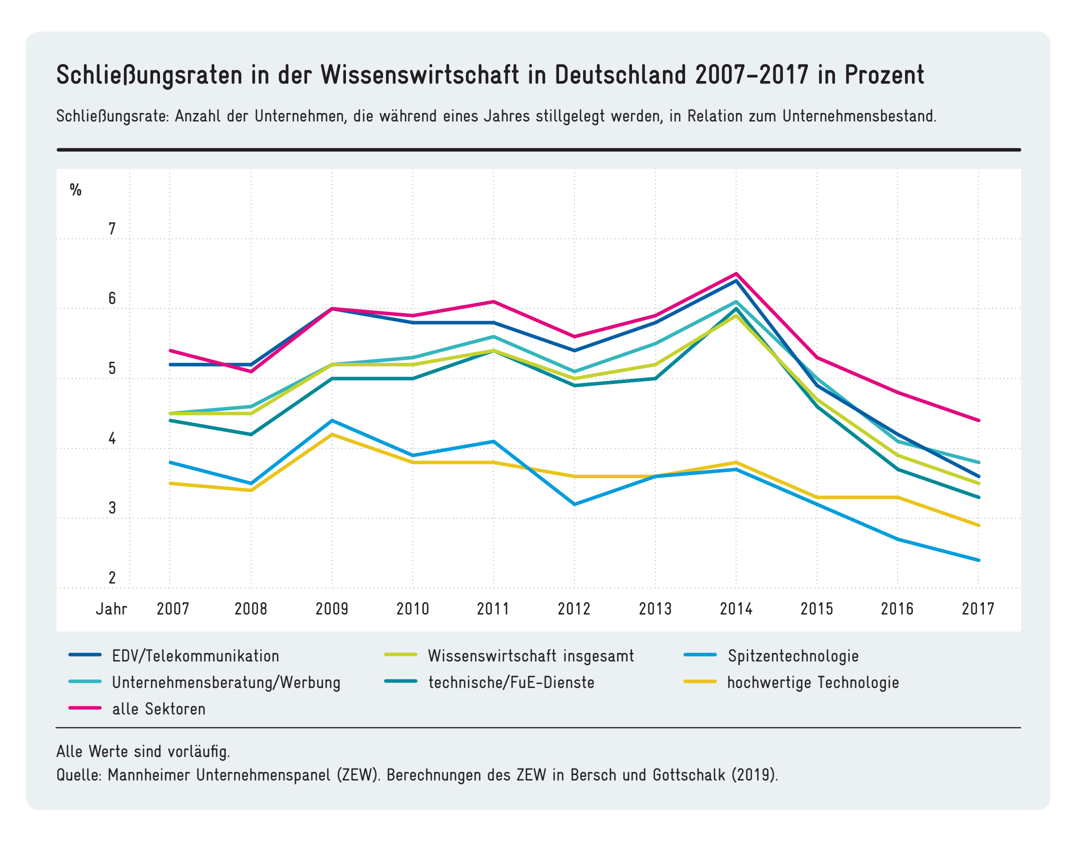


Alle Werte sind vorläufig.
Quelle: Mannheimer Unternehmenspanel (ZEW). Berechnungen des ZEW in Bersch und Gottschalk (2019).

Abb C 5-3

Schließungsraten in der Wissenswirtschaft in Deutschland 2007–2017 in Prozent

Schließungsrate: Anzahl der Unternehmen, die während eines Jahres stillgelegt werden, in Relation zum Unternehmensbestand.

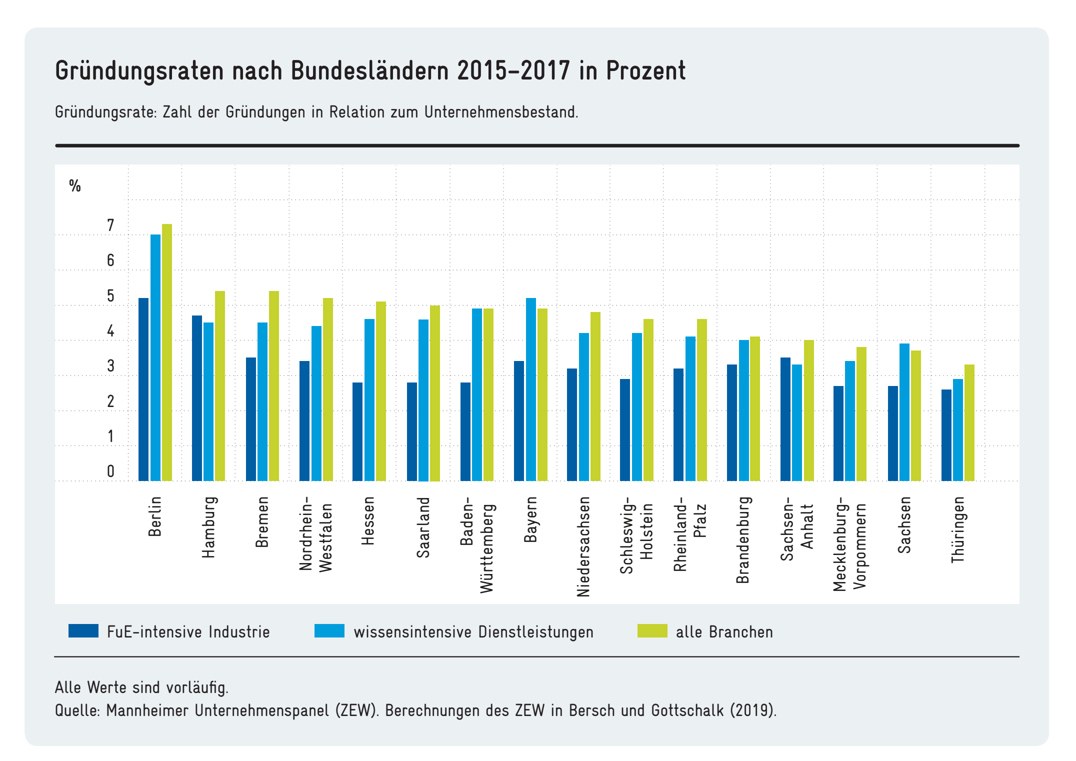


Alle Werte sind vorläufig.
Quelle: Mannheimer Unternehmenspanel (ZEW). Berechnungen des ZEW in Bersch und Gottschalk (2019).

Abb C 5-4

Gründungsraten nach Bundesländern 2015–2017 in Prozent

Gründungsrate: Zahl der Gründungen in Relation zum Unternehmensbestand.



Alle Werte sind vorläufig.
Quelle: Mannheimer Unternehmenspanel (ZEW). Berechnungen des ZEW in Bersch und Gottschalk (2019).

Patente[541]

C 6

Seit Mitte der 2000er Jahre stagnieren die transnationalen Patentanmeldungen Deutschlands und auch die anderer großer europäischer Volkswirtschaften wie Großbritannien, Schweden und der Schweiz (C 6-1). Demgegenüber weisen insbesondere China, Südkorea und Japan hohe Wachstumsraten auf. China hat Deutschland mittlerweile überholt und zählt nun neben Deutschland, den USA und Japan zu den vier führenden Nationen bei transnationalen Patentanmeldungen.

Während die USA im Jahr 2016 bei den absoluten Anmeldungen führend sind, belegen sie hinsichtlich der Patentintensität (Patentanmeldungen pro Million Erwerbstätige) keinen der vorderen Ränge (C 6-2). Hier liegen die Schweiz, Schweden und Japan an der Spitze, gefolgt von Finnland, Deutschland und Südkorea. Patente sind ein wichtiges Instrument zur Sicherung von Marktanteilen im Rahmen des internationalen Technologiehandels. Eine hohe Patentintensität zeugt daher sowohl von einer starken internationalen Ausrichtung als auch von einer ausgeprägten Exportfokussierung der jeweiligen Volkswirtschaft.

Weitere Rückschlüsse auf die technologische Leistungsfähigkeit eines Landes lassen sich aus den Patentaktivitäten im Bereich der FuE-intensiven Technologie ziehen. Dieser Bereich umfasst Industriebranchen, die mehr als 3 Prozent ihres Umsatzes in FuE investieren (FuE-Intensität). Die FuE-intensive Technologie umfasst die Bereiche der hochwertigen Technologie (FuE-Intensität zwischen 3 und 9 Prozent) sowie der Spitzentechnologie (FuE-Intensität über 9 Prozent).

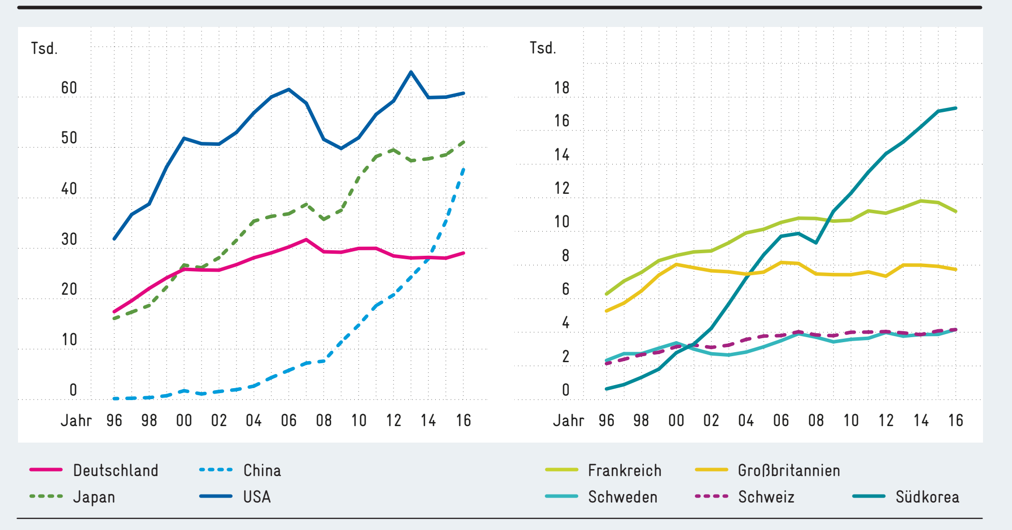
Im internationalen Vergleich wird eine starke Spezialisierung Deutschlands auf hochwertige Technologie deutlich (C 6-3), was durch die traditionellen Stärken in der Automobilindustrie, dem Maschinenbau und der chemischen Industrie begründet ist. Gemeinsam mit Japan verzeichnet Deutschland hier den höchsten Wert der Vergleichsgruppe.

Dagegen sind China, Schweden, Südkorea und die USA auf den Bereich der Spitzentechnologie spezialisiert (C 6-4).

Abb C 6-1

Zeitliche Entwicklung der Anzahl der transnationalen Patentanmeldungen in ausgewählten Ländern

Die transnationalen Patentanmeldungen umfassen Anmeldungen in Patentfamilien mit mindestens einer Anmeldung bei der World Intellectual Property Organization (WIPO) über das PCT-Verfahren oder einer Anmeldung am Europäischen Patentamt.



Quelle: EPA (PATSTAT). Berechnungen des Fraunhofer ISI in Neuhäusler et al. (2019).

Tab C 6-2

Absolute Zahl, Intensität und Wachstumsraten transnationaler Patentanmeldungen im Bereich der FuE-intensiven Technologie für 2016[1)]

Der Industriesektor der FuE-intensiven Technologie umfasst Industriebranchen, die mehr als 3 Prozent ihres Umsatzes in FuE investieren. Die Intensität ist die Anzahl der Patente pro eine Million Erwerbstätige.

	absolut[1)]	Intensitäten[1)]	Intensitäten FuE-intensive Technologie	Wachstum (2006 = 100)[1)]	Wachstum FuE-intensive Technologie (2006 = 100)
Gesamt	**275.011**	**-**	**-**	**132**	**132**
China	45.589	60	42	787	771
Deutschland	**29.055**	**704**	**405**	**96**	**97**
EU-28	76.374	341	193	102	102
Finnland	1.876	766	423	96	79
Frankreich	11.196	421	245	106	105
Großbritannien	7.739	245	143	95	94
Italien	5.758	253	121	92	89
Japan	51.030	789	480	138	129
Kanada	3.471	192	117	88	79
Niederlande	4.464	530	284	102	98
Schweden	4.165	848	570	119	126
Schweiz	4.158	903	478	109	107
Südkorea	17.337	656	422	178	167
USA	60.742	401	265	99	99

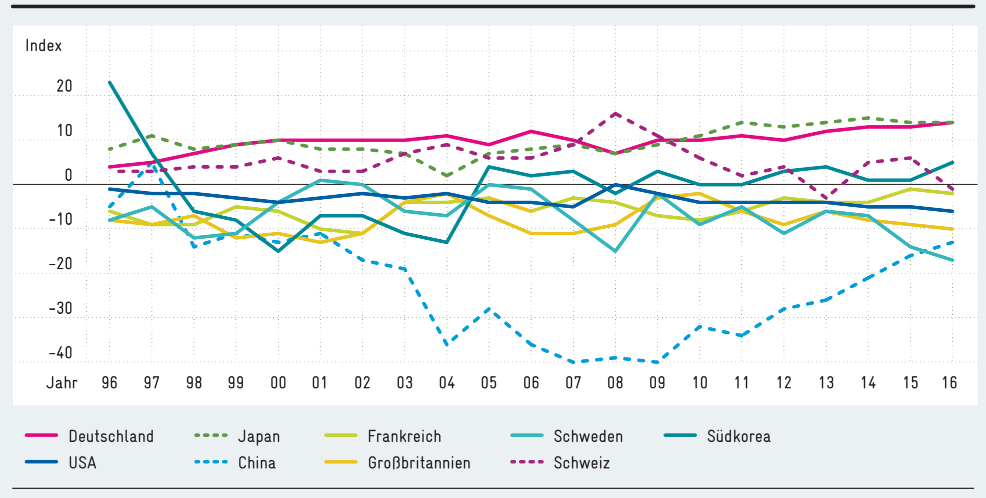
1) Zahlen beziehen sich auf alle Industriebranchen.
Quelle: EPA (PATSTAT), OECD (MSTI), Weltbank. Berechnungen des Fraunhofer ISI in Neuhäusler et al. (2019).

Abb C 6-3



Zeitliche Entwicklung des Spezialisierungsindex ausgewählter Länder im Bereich hochwertige Technologie

Der Spezialisierungsindex wird mit Referenz auf alle weltweiten transnationalen Patentanmeldungen errechnet. Positive bzw. negative Werte geben an, ob das betrachtete Land im jeweiligen Feld im Vergleich zum Weltdurchschnitt über- bzw. unterproportional aktiv ist.



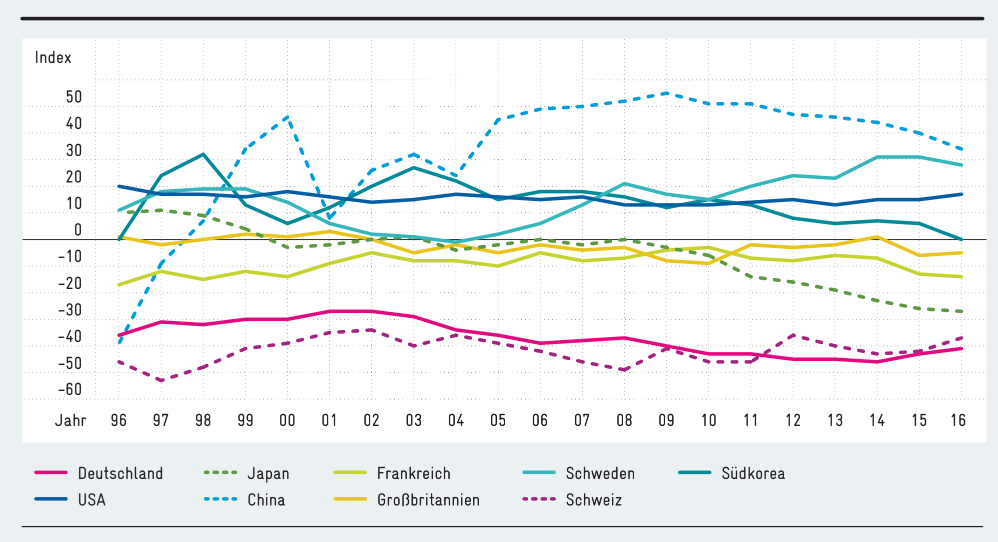
Deutschland, USA, Japan, China, Frankreich, Großbritannien, Schweden, Schweiz, Südkorea

Quelle: EPA (PATSTAT). Berechnungen des Fraunhofer ISI in Neuhäusler et al. (2019).

Abb C 6-4

Zeitliche Entwicklung des Spezialisierungsindex ausgewählter Länder im Bereich Spitzentechnologie

Der Spezialisierungsindex wird mit Referenz auf alle weltweiten transnationalen Patentanmeldungen errechnet. Positive bzw. negative Werte geben an, ob das betrachtete Land im jeweiligen Feld im Vergleich zum Weltdurchschnitt über- bzw. unterproportional aktiv ist.



Deutschland, USA, Japan, China, Frankreich, Großbritannien, Schweden, Schweiz, Südkorea

Quelle: EPA (PATSTAT). Berechnungen des Fraunhofer ISI in Neuhäusler et al. (2019).

C 7 Fachpublikationen[542]

Ein Großteil neuer Technologien und Dienstleistungen basiert auf Entwicklungen und Ergebnissen aus der Wissenschaft. Bibliometrische Indikatoren und Metriken werden daher regelmäßig als Bewertungsmaßstab für wissenschaftliche Leistungen herangezogen, um die Leistungsstärke eines Forschungs- und Wissenschaftssystems in quantitativer und qualitativer Hinsicht abzuschätzen.

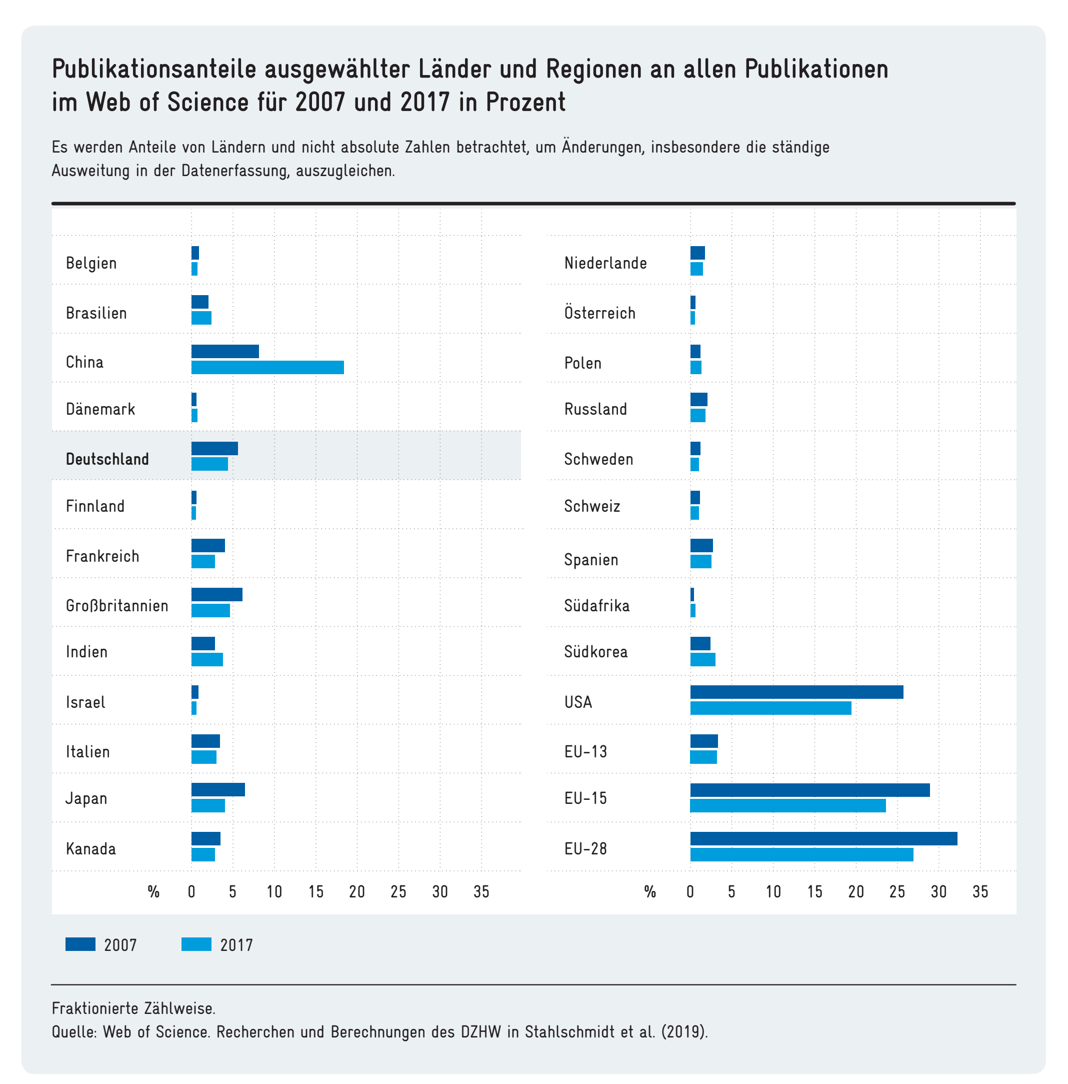
Die bibliometrische Datenbank Web of Science (WoS) erfasst weltweit Publikationen in wissenschaftlichen Zeitschriften und Zitationen dieser Publikationen. Die Angabe zum Ort der Forschungseinrichtung der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ermöglicht eine Zuordnung einzelner Publikationen zu Ländern. Sind an einer Publikation mehrere Autoren aus verschiedenen Ländern beteiligt, so gehen diese in fraktionierter Zählweise in die Berechnungen ein. Zur Bewertung der Leistungsstärke eines Forschungs- und Wissenschaftssystems können Indikatoren zur Quantität und Qualität von Fachpublikationen herangezogen werden.

Die Publikationsanteile ausgewählter Länder und Regionen an allen Publikationen im Web of Science (C 7-1) weisen für die Vergleichsbetrachtung der Jahre 2007 und 2017 deutliche Veränderungen auf. So haben die meisten Länder, u.a. die großen westeuropäischen Länder Deutschland, Frankreich und Großbritannien sowie die USA, Publikationsanteile verloren. Der deutsche Publikationsanteil ist von 5,6 auf 4,4 Prozent gesunken, der britische von 6,1 auf 4,6 Prozent, der französische von 4,0 auf 2,8 Prozent und der US-amerikanische von 25,7 auf 19,4 Prozent. Dementgegen steht ein enormer Zuwachs des Publikationsanteils Chinas von 8,1 auf 18,4 Prozent. Nur wenige europäische Länder haben ihren Publikationsanteile steigern können. So hat Dänemark seinen Publikationsanteil zwischen 2007 und 2017 von 0,6 auf 0,7 Prozent ausgebaut und Polen von 1,2 auf 1,3 Prozent.

Die Internationale Ausrichtung (IA) ausgewählter Länder und Regionen bei Publikationen im Web of Sciene (C 7-2) ist ein Indikator für die Qualität von Fachpublikationen. Hier zeigt sich, dass Publikationen von Autorinnen und Autoren aus Deutschland zwischen 2007 und 2015 an Qualität gewonnen haben. Publikationen aus der Schweiz, den USA und den Niederlanden weisen gemäß diesem Indikator die höchste Qualität auf. China hat seine Publikationsqualität erheblich verbessern können, auch wenn sie immer noch unterdurchschnittlich bleibt.

Der Indikator Zeitschriftenspezifische Beachtung (ZB) ausgewählter Länder und Regionen bei Publikationen im Web of Science (C 7-3) zeigt, dass der Indexwert für Artikel aus Deutschland von 9 auf 4 gesunken ist. Artikel aus Deutschland wurden also im Jahr 2015 zwar häufiger zitiert als andere Artikel in den Zeitschriften, in denen sie erschienen sind. Dieser Vorsprung hat sich aber im Vergleich zu 2007 verringert.

Abb C 7-1



Publikationsanteile ausgewählter Länder und Regionen an allen Publikationen im Web of Science für 2007 und 2017 in Prozent

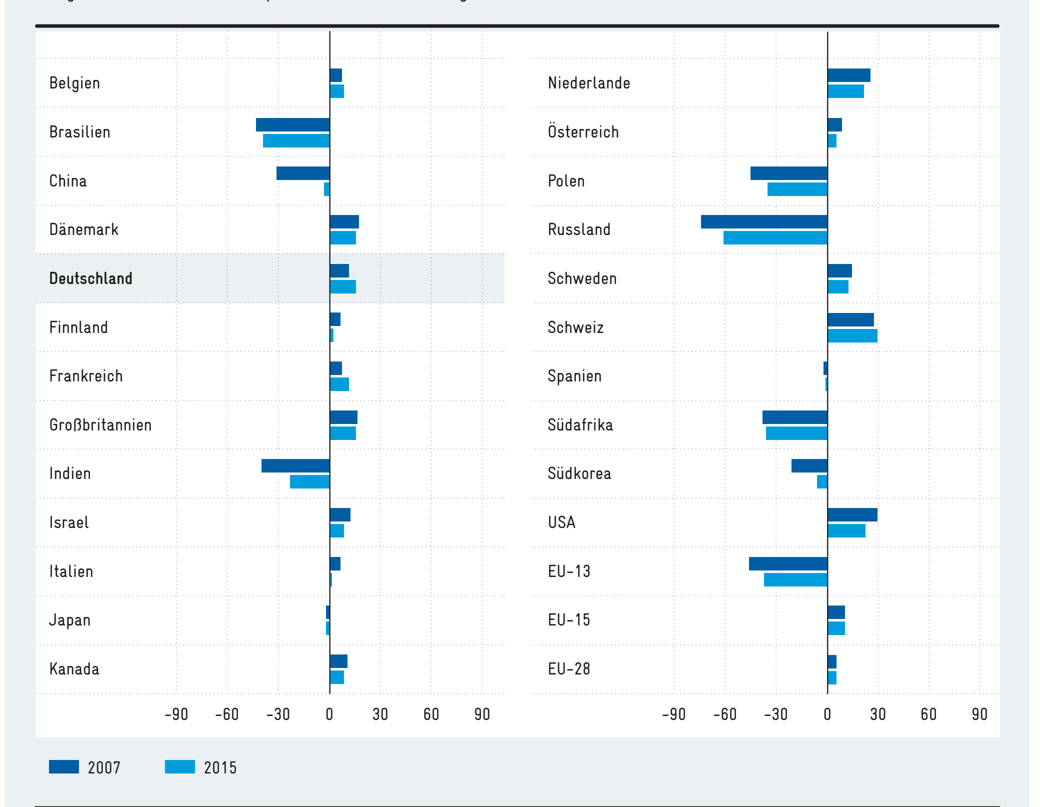
Es werden Anteile von Ländern und nicht absolute Zahlen betrachtet, um Änderungen, insbesondere die ständige Ausweitung in der Datenerfassung, auszugleichen.

Fraktionierte Zählweise.
Quelle: Web of Science. Recherchen und Berechnungen des DZHW in Stahlschmidt et al. (2019).

Abb C 7-2

Internationale Ausrichtung (IA) ausgewählter Länder und Regionen bei Publikationen im Web of Science für 2007 und 2015 (Indexwerte)

Der IA-Index zeigt an, ob Autorinnen und Autoren eines Landes in Relation zum Weltdurchschnitt in international beachteten oder aber weniger beachteten Zeitschriften publizieren. Positive bzw. negative Werte weisen auf eine über- bzw. unterdurchschnittliche IA hin.

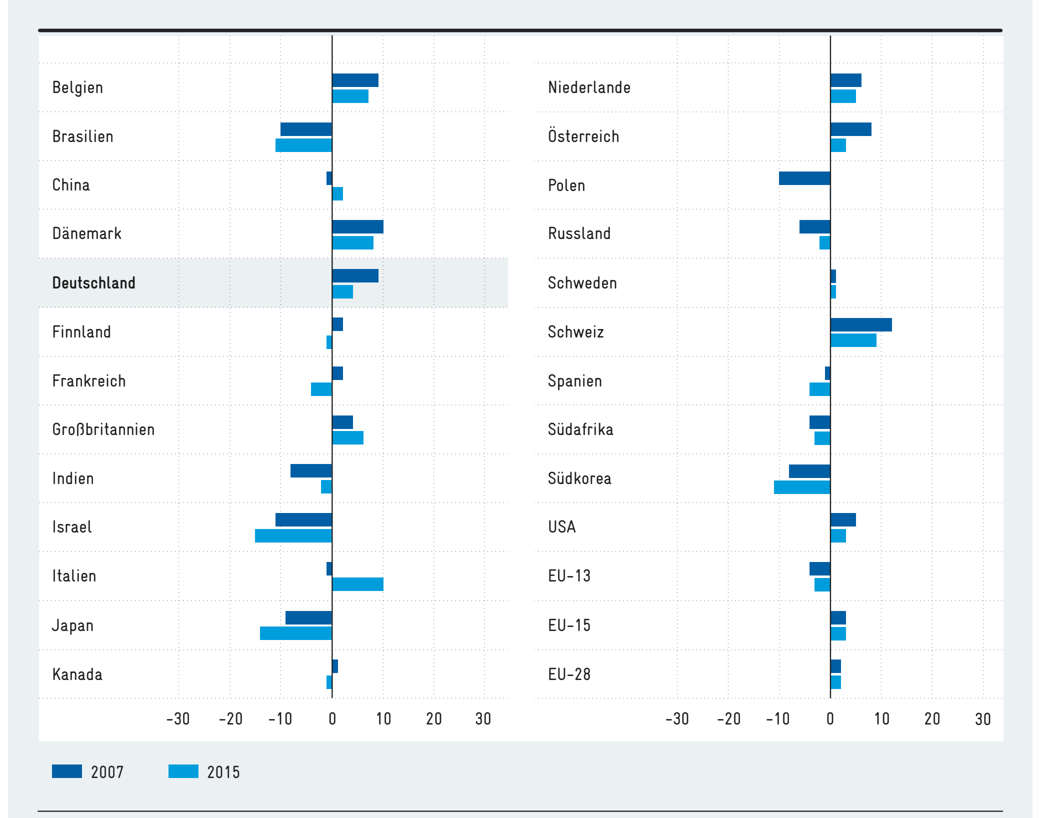


Fraktionierte Zählweise.
Quelle: Web of Science. Recherchen und Berechnungen des DZHW in Stahlschmidt et al. (2019).

Abb C 7-3

Zeitschriftenspezifische Beachtung (ZB) ausgewählter Länder und Regionen bei Publikationen im Web of Science für 2007 und 2015 (Indexwerte)

Der ZB-Index gibt an, ob die Artikel eines Landes im Durchschnitt häufiger oder seltener zitiert werden als andere Artikel in den Zeitschriften, in denen sie erschienen sind. Positive bzw. negative Werte weisen auf eine über- bzw. unterdurchschnittliche wissenschaftliche Beachtung hin. Berechnung des Index ohne Eigenzitate.



Fraktionierte Zählweise.
Quelle: Web of Science. Recherchen und Berechnungen des DZHW in Stahlschmidt et al. (2019).

C 8 Produktion, Wertschöpfung und Beschäftigung[543]

Das Spezialisierungsmuster eines Landes im Außenhandel kann mithilfe des RCA-Indikators[544] gemessen werden. Er erfasst die Export/Import-Relation einer Produktgruppe im Verhältnis zur Export/Import-Relation der verarbeiteten Industriegüter insgesamt. Wie bereits in den Vorjahren wies Deutschland auch im Jahr 2017 einen komparativen Vorteil beim Handel mit FuE-intensiven Gütern auf (C 8-1). FuE-intensive Güter setzen sich aus Gütern der hochwertigen Technologie und Gütern der Spitzentechnologie zusammen. Eine genauere Analyse dieser beiden Gütergruppen zeigt, dass Deutschlands komparativer Vorteil nur beim Handel mit Gütern der hochwertigen Technologie positiv war, beim Handel mit Gütern der Spitzentechnologie hingegen fiel er negativ aus. Frankreich, Großbritannien, die Schweiz, Südkorea und die USA verzeichneten im Bereich Spitzentechnologie positive Werte des RCA-Indikators; Japan und China wiesen hier im gesamten Betrachtungszeitraum einen negativen RCA-Indikator auf. Schweden verzeichnet seit 2010 negative Werte.

Der Anteil der forschungs- und wissensintensiven Branchen an der Wertschöpfung eines Landes erlaubt Rückschlüsse auf die technologische Leistungsfähigkeit eines Landes im internationalen Vergleich (C 8-2). Im Bereich der hochwertigen Technologie wies Deutschland relativ zu den betrachteten Ländern den höchsten Wertschöpfungsanteil auf. Er betrug im Jahr 2016 9,3 Prozent der gesamten deutschen Wertschöpfung. Im Bereich der Spitzentechnologie lag Deutschland mit 3,0 Prozent deutlich hinter den Spitzenreitern Schweiz (8,5 Prozent) und Südkorea (7,4 Prozent). Die wissensintensiven Dienstleistungen trugen in allen betrachteten Ländern wesentlich mehr zur nationalen Wertschöpfung bei als die forschungsintensiven Industrien. Mit einem Wertschöpfungsanteil von 24,7 Prozent spielten sie in Deutschland im Vergleich zu anderen europäischen Ländern und den USA jedoch eine geringere Rolle.

Nach dem Rückgang der Bruttowertschöpfung in den verschiedenen gewerblichen Wirtschaftsbereichen im Krisenjahr 2009 ist die Wertschöpfung in Deutschland seit dem Jahr 2010 wieder kontinuierlich gestiegen (C 8-3). Dabei fiel das Wachstum in den wissensintensiven Dienstleistungen 2016 mit 2,8 Prozent geringer aus als im Jahr zuvor (2015: 3,8 Prozent). Auch bei den nicht-wissensintensiven Dienstleistungen war eine geringere Steigerung der Wertschöpfung zu verzeichnen (2,9 Prozent im Jahr 2016 versus 5,0 Prozent im Jahr 2015). Im produzierenden Gewerbe hingegen war die Steigerung der Wertschöpfung 2016 höher als 2015. Im wissensintensiven produzierenden Gewerbe lag sie 2016 bei 6,2 Prozent (2015: 4,0 Prozent), im nicht-wissensintensiven produzierenden Gewerbe bei 4,7 Prozent (2015: 4,0 Prozent).

Der Anstieg der sozialversicherungspflichtigen Beschäftigung in verschiedenen gewerblichen Wirtschaftsbereichen in Deutschland zwischen 2010 und 2017 ist vor allem auf den Dienstleistungssektor zurückzuführen (C 8-4). In den nicht-wissensintensiven Dienstleistungen stieg die Beschäftigung in diesem Zeitraum um 17,3 Prozent, in den wissensintensiven Dienstleistungen um 19,7 Prozent. Im nicht-wissensintensiven produzierenden Gewerbe erhöhte sich die sozialversicherungspflichtige Beschäftigung um 7,3 Prozent, im wissensintensiven produzierenden Gewerbe um 10,7 Prozent.

Tab C 8-1

Komparative Vorteile (Revealed Comparative Advantage, RCA) ausgewählter Länder im Außenhandel mit forschungsintensiven Gütern 2005–2017

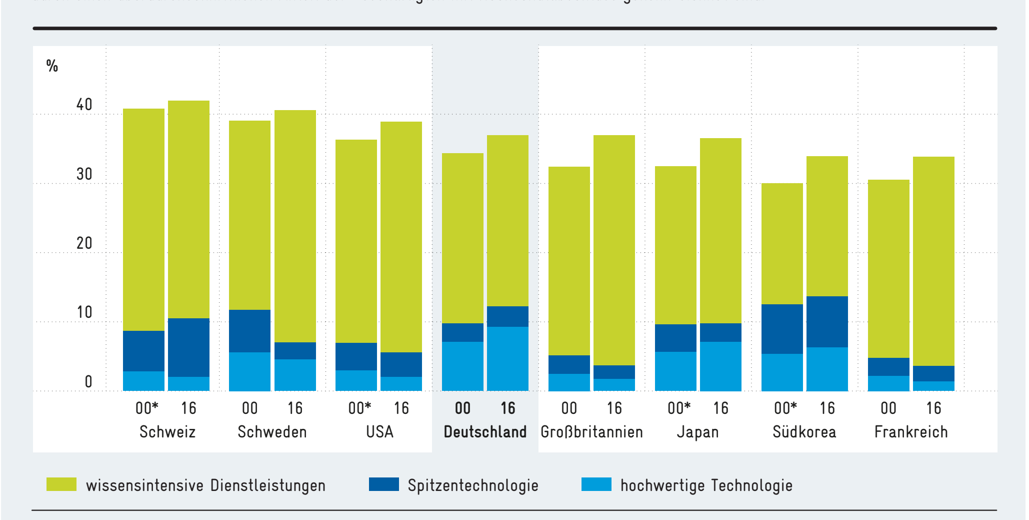
Jahr	China [1]	**Deutschland**	Frankreich	Großbritannien	Japan	Schweden	Schweiz	Südkorea	USA [2]
				FuE-intensive Güter					
2005	-29	**10**	7	14	42	-1	18	17	17
2010	-27	**12**	6	11	33	-6	22	19	1
2015	-27	**13**	5	3	31	-5	28	13	2
2017	-30	**13**	3	13	30	-4	29	9	-1
				Güter der hochwertigen Technologie					
2005	0	**27**	6	4	75	-2	24	11	-5
2010	-16	**30**	-2	15	61	-3	21	7	-10
2015	-3	**27**	-6	1	63	1	21	13	-14
2017	-3	**25**	-5	9	64	2	24	0	-17
				Güter der Spitzentechnologie					
2005	-53	**-34**	8	33	-14	1	4	24	55
2010	-35	**-35**	20	1	-22	-11	25	33	22
2015	-46	**-23**	21	8	-35	-22	41	12	27
2017	-50	**-21**	16	19	-40	-25	40	20	24

Positives Vorzeichen bedeutet, dass die Exp./Imp.-Relation bei dieser Produktgruppe höher ist als bei Verarbeiteten Industriewaren insgesamt.
[1] inkl. Hongkong. [2] Daten für die USA ab 2009 auf Basis nationaler Quellen revidiert.
Quelle: UN COMTRADE Datenbank, Recherche September 2018. Berechnungen und Schätzungen des CWS in Gehrke und Schiersch (2019).

Abb C 8-2

Anteil der FuE-intensiven Industrien sowie der wissensintensiven Dienstleistungen an der Wertschöpfung 2000 und 2016 in Prozent

FuE-intensive Industrien weisen eine überdurchschnittliche FuE-Intensität auf, während wissensintensive Dienstleistungen durch einen überdurchschnittlichen Anteil der Beschäftigten mit Hochschulabschluss gekennzeichnet sind.

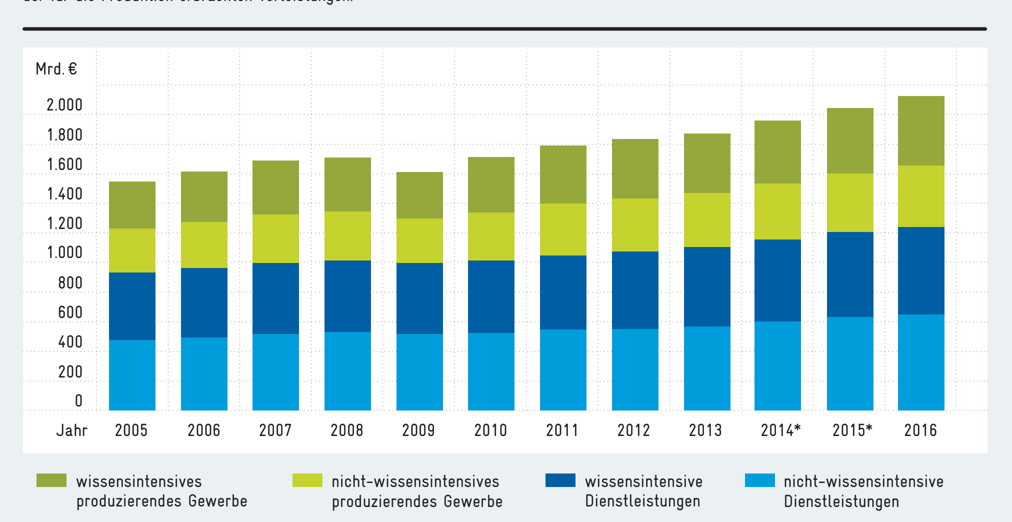


* Daten teils revidiert.
Quelle: OECD STAN, Eurostat, Eurostat SDBS, EUKLEMS, OECD SBS, Statistics Canada, CBS Israel. Berechnungen und Schätzungen des DIW Berlin in Gehrke und Schiersch (2019).

Abb C 8-3

Entwicklung der Bruttowertschöpfung in verschiedenen gewerblichen Wirtschaftsbereichen in Deutschland 2005–2016 in Milliarden Euro

Bruttowertschöpfung bezeichnet die Differenz zwischen dem Gesamtwert aller produzierten Waren und Dienstleistungen und der für die Produktion erbrachten Vorleistungen.



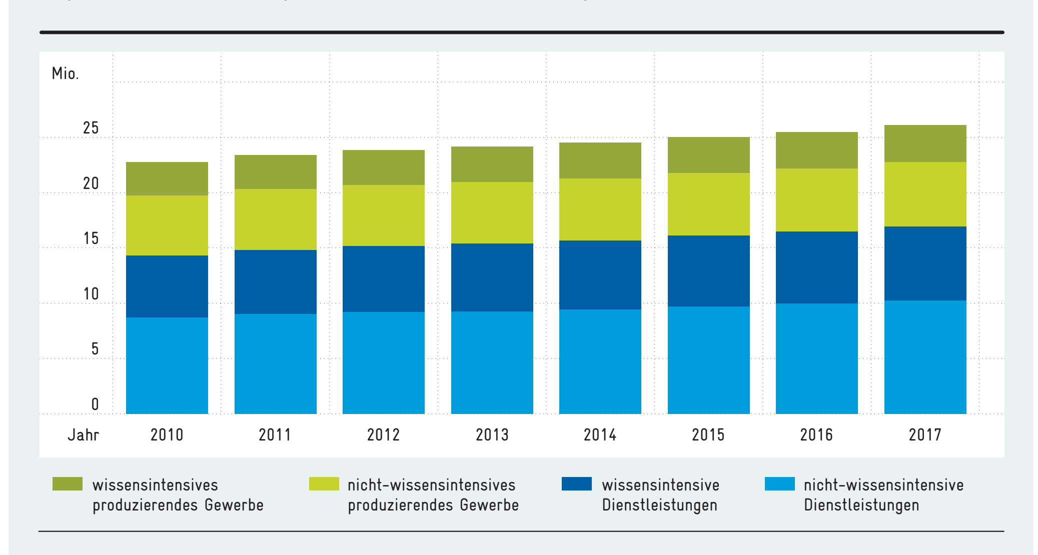
wissensintensives produzierendes Gewerbe | nicht-wissensintensives produzierendes Gewerbe | wissensintensive Dienstleistungen | nicht-wissensintensive Dienstleistungen

Ohne Land- und Forstwirtschaft, Fischerei, öffentliche Verwaltung und Dienstleistungen, Grundstücks- und Wohnungswesen, Bildung, private Haushalte, Sozialversicherungen, religiöse und andere Vereinigungen, Verbände und Gewerkschaften.
* Daten teils revidiert.
Quelle: Statistisches Bundesamt, Fachserie 18, Reihe 1.4. Berechnungen des CWS in Gehrke und Schiersch (2019).

Abb C 8-4

Entwicklung der sozialversicherungspflichtig Beschäftigten in verschiedenen gewerblichen Wirtschaftsbereichen in Deutschland 2010–2017

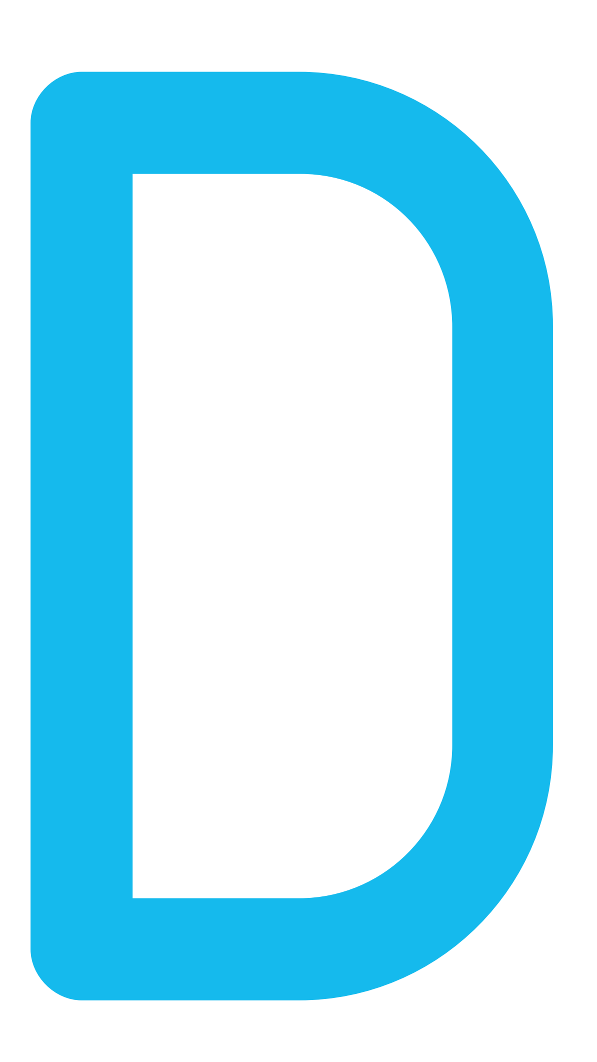
Sozialversicherungspflichtig Beschäftigte umfassen alle Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer, die kranken-, renten-, pflegeversicherungspflichtig und/oder beitragspflichtig nach dem Recht der Arbeitsförderung sind oder für die Beitragsanteile zur gesetzlichen Rentenversicherung oder nach dem Recht der Arbeitsförderung zu zahlen sind.



wissensintensives produzierendes Gewerbe | nicht-wissensintensives produzierendes Gewerbe | wissensintensive Dienstleistungen | nicht-wissensintensive Dienstleistungen

Quelle: Bundesagentur für Arbeit. Berechnungen des CWS in Gehrke und Schiersch (2019).

VERZEICHNISSE



Inhalt

Verzeichnis der Abbildungen, Tabellen und Boxen

D 1

Abkürzungsverzeichnis D 2

AHRC .... Arts & Humanities Research Council
AI .... Artificial Intelligence
AnkER-Zentrum .... Zentrum für Ankunft, Entscheidung, Rückführung
API .... Application Programming Interface
ARegV .... Anreizregulierungsverordnung
ARPA .... Advanced Research Projects Agency
AUF .... Außeruniversitäre Forschungseinrichtung
BaföG .... Bundesausbildungsförderungsgesetz
BAMF .... Bundesamt für Migration und Flüchtlinge
BAND .... Business Angels Network Deutschland
BBSRC .... Biotechnology & Biological Sciences Research Council
BIP .... Bruttoinlandsprodukt
BITKOM .... Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien
BMAS .... Bundesministerium für Arbeit und Soziales
BMBF .... Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMI .... Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat
BMVg .... Bundesministerium der Verteidigung
BMWi .... Bundesministerium für Wirtschaft und Energie
BRICS .... Brasilien, Russland, Indien, China, Südafrika
BVK .... Bundesverband Deutscher Kapitalbeteiligungsgesellschaften
BWA .... Betriebswirtschaftliche Auswertung
CI .... Crown Indicator
CIS .... Community Innovation Surveys
CO_2 .... Kohlenstoffdioxid
dApp .... Decentralized Application
DARPA .... Defense Advanced Research Projects Agency
DAX .... Deutscher Aktienindex
DFG .... Deutsche Forschungsgemeinschaft
DFN .... Deutsches Forschungsnetzwerk
DHBW .... Duale Hochschule Baden-Württemberg
DLT .... Distributed Ledger Technology
DSGVO .... Datenschutzgrundverordnung
DSM .... Deutscher Startup Monitor
EAF .... European Angels Fund
EDC .... European Data Cooperative
EE .... Erneuerbare Energien
EEG .... Erneuerbare-Energien-Gesetz
EFI .... Expertenkommission Forschung und Innovation
EIB .... Europäische Investitionsbank
EIF .... Europäischer Investitionsfonds
EMBL .... European Molecular Biology Laboratory
EPFL .... Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne

EPSRC .... Engineering and Physical Sciences Research Council
ERP .... Enterprise Resource Planning
ERP-SV .... ERP-Sondervermögen
ESF .... Europäischer Sozialfonds
ESOP .... Employee Stock Ownership Plan
ESRC .... Economic and Social Research Council
ETH .... Eidgenössische Technische Hochschule
EU .... Europäische Union
EU ETS .... European Union Emissions Trading System
Eurostat .... Statistisches Amt der Europäischen Kommission
EVCA .... European Private Equity and Venture Capital Association
F&I .... Forschung und Innovation
FAIR .... Findable, Accessible, Interoperable, Re-usable
FCA .... Financial Conduct Authority
FH .... Fachhochschule
FuE .... Forschung und Entwicklung
GCS .... Gauss Centre for Supercomputing
GERD .... Gross Domestic Expenditure on Research and Development
GESSI .... German Standards Setting Institute
GW .... Gigawatt
GWB .... Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen
GWK .... Gemeinsame Wissenschaftskonferenz
HAW .... Hochschule für angewandte Wissenschaften
HERD .... Higher Education Expenditure on R&D
HFD .... Hochschulforum Digitalisierung
HOOU .... Hamburg Open Online University
HTGF .... Hightech-Gründerfonds
HTS .... Hightech-Strategie
IA .... Internationale Ausrichtung
IAB .... Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesagentur für Arbeit
ICO .... Initial Coin Offering
IE.F .... Internet Economy Foundation
IfM .... Institut für Mittelstandsforschung
IoT .... Internet of Things
IPDB .... Interplanetary Database
IPO .... Initial Public Offering
ISCED .... International Standard Classification of Education
ISO .... International Organization for Standardization
IT .... Informationstechnologie
KI .... Künstliche Intelligenz
KMU .... Kleine und mittlere Unternehmen
KPI .... Key Performance Indicator
kVA .... Kilovoltampere
kWh .... Kilowattstunde
KWK .... Kraft-Wärme-Kopplung
LMS .... Lernmanagementsystem
M&A .... Mergers and Acquisitions
MBG .... Mittelständische Beteiligungsgesellschaft
MDD .... Mezzanin-Dachfonds für Deutschland
MiFID .... Markets in Financial Instruments Directive
MIP .... Mannheimer Innovationspanel
MIT .... Massachusetts Institute of Technology
MOOC .... Massive Open Online Course
MRC .... Medical Research Council

MUP .... Mannheimer Unternehmenspanel
NERC .... Natural Environment Research Council
NFDI .... Nationale Forschungsdateninfrastruktur
NIH .... National Institutes of Health
NRW .... Nordrhein-Westfalen
NSF .... National Science Foundation
NWO .... Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek
OECD .... Organisation for Economic Co-operation and Development
OER .... Open Educational Resources
ÖPNV .... Öffentlicher Personennahverkehr
OZG .... Onlinezugangsgesetz
PFI .... Pakt für Forschung und Innovation
PFöV .... Publikationen mit Förderverweis
PoS .... Proof-of-Stake
PoW .... Proof-of-Work
PtJ .... Projektträger Jülich
RCA .... Revealed Comparative Advantage
RfII .... Rat für Informationsinfrastrukturen
RWTH .... Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule
SHA .... Secure Hash Algorithm
SNF .... Schweizerischer Nationalfonds
STFC .... Science & Technology Facilities Council
SUS .... Strukturelle Unternehmensstatistik
TCP/IP .... Transmission Control Protocol/Internet Protocol
THG .... Treibhausgas
TU .... Technische Universität
TUM .... Technische Universität München
TV-L .... Tarifvertrag für den öffentlichen Dienst der Länder
TVöD .... Tarifvertrag für den öffentlichen Dienst
TWh .... Terawattstunde
UKRI .... UK Research and Innovation
UN .... United Nations
US .... United States
USA .... United States of America
VFH .... Virtuelle Fachhochschule
VKA .... Vereinigung kommunaler Arbeitgeberverbände
VSOP .... Virtual Stock Option Plan
WIFO .... Österreichisches Institut für Wirtschaftsforschung
WoS .... Web of Science
WR .... Wissenschaftsrat
ZB .... Zeitschriftenspezifische Beachtung
ZEW .... Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung GmbH Mannheim

D 3 Glossar

Agenda 2030
Die Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung wurde im September 2015 auf dem Nachhaltigkeitsgipfel der Vereinten Nationen verabschiedet. Sie enthält einen Katalog mit 17 Zielen für nachhaltige Entwicklung (Sustainable Development Goals, SDGs).

Akzelerator
Im Bereich der Unternehmensgründungen wird der Begriff Akzelerator (Beschleuniger) als Bezeichnung für ein zeitlich begrenztes Förderprogramm verwendet, das jungen Start-ups Zugang zur notwendigen Infrastruktur für den Aufbau des eigenen Unternehmens bietet. Wesentliche Bestandteile der Akzelerator-Infrastruktur sind der Zugang zu finanziellen Ressourcen, ein Kundennetzwerk und die Beratung im Sinne eines Mentoring (meist bereits erfolgreiche Unternehmerinnen oder Unternehmer).

Ankerinvestor
Ein Ankerinvestor ist ein Investor, der sich mit einem großen bzw. dem größten Anteil an börsennotierten Unternehmen, Start-ups oder Wagniskapitalfonds beteiligt. Somit wird die Finanzierung des Unternehmens sichtbar sichergestellt. Das erleichtert die Akquise der restlichen Mittel, da das Vertrauen interessierter Investoren in das Investment gestärkt wird.

Autonomes Fahren
Autonomes Fahren bedeutet das selbstständige, zielgerichtete Fahren eines Fahrzeugs im realen Verkehr, ohne Eingriff des Fahrenden.

Beteiligungskapital
Unter Beteiligungskapital versteht man die Mittel eines Kapitalgebenden, die der externen Eigenfinanzierung eines Unternehmens dienen. Beteiligungsfinanzierung ist in starkem Maße rechtsformabhängig.

Big Data
Der Begriff Big Data fasst technologische Entwicklungen im Bereich der Datenhaltung und -verarbeitung zusammen, die es ermöglichen, immer größere Datenmengen unterschiedlichster Formate zu integrieren und in immer kürzerer Zeit zu verarbeiten. Big Data bietet die Chance, die exponentiell steigenden Datenvolumina, die durch die zunehmende Ubiquität („Allgegenwart“) von IKT hervorgerufen werden, weiterhin zu beherrschen und vor allem wertschöpfend einzusetzen.

Bildungsinländerin bzw. -inländer, Bildungsausländerin bzw. -ausländer
Studienanfänger mit ausländischer Staatsangehörigkeit, die ihre Studienberechtigung in Deutschland erworben haben, werden als Bildungsinländerin bzw. -inländer bezeichnet; Personen mit im Ausland erworbener Studienberechtigung, die zum Studium nach Deutschland kommen, als Bildungsausländerin bzw. -ausländer.

Biomasse
Biomasse besteht aus Stoffen, die von Lebewesen erzeugt bzw. in ihnen gebunden werden. Von Biomasse im Sinne der Energietechnik spricht man, wenn tierische und pflanzliche Erzeugnisse zur Gewinnung von Heizenergie, von elektrischer Energie und als Kraftstoffe verwendet werden können.

Biomasse-Feststoff
Als Biomasse-Feststoffe werden alle durch Pflanzen, Tiere oder Menschen anfallenden oder erzeugten organischen Substanzen bezeichnet (z.B. Alt- oder Industriehölzer).

Biomasse-Flüssiggas
Biomasse-Flüssiggas bezeichnet Gase, die aus organischen Rest- und Abfallstoffen sowie aus nachwachsenden Rohstoffen gewonnen werden.

Brennstoffzellen
Brennstoffzellen wandeln die Energie aus der chemischen Reaktion von z. B. Wasserstoff mit Sauerstoff in elektrische Energie um.

Bruttoinlandsprodukt (BIP)
Das BIP ist der Wert aller erstellten Güter und Dienstleistungen einer Volkswirtschaft innerhalb eines Jahres. Dabei ist unerheblich, ob inländische oder ausländische Personen an der Herstellung des BIP beteiligt sind, es kommt nur auf den Standort der Wertschöpfung an. Das BIP ist ein Indikator für die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit einer Volkswirtschaft im internationalen Vergleich.

Business Angel
Als Business Angels bezeichnet man vermögende Privatpersonen, die innovativen Gründerinnen und

Gründern bzw. jungen, innovativen Unternehmen Kapital und unternehmerisches Know-how zur Verfügung stellen. Sie investieren Teile ihres privaten Vermögens direkt und ohne die Hilfe eines Intermediärs in ein Unternehmen und erhalten im Gegenzug Unternehmensanteile.

Campus-Managementsysteme (CMS)
Campus-Managementsysteme sind zumeist modular strukturierte IT-Anwendungssysteme an Hochschulen zur umfassenden Unterstützung von Geschäftsprozessen im Bereich des studentischen Lebenszyklus (beispielsweise Studierenden-, Kurs- und Prüfungsverwaltung).

Carbon Capture & Storage (CCS)
Bei der geologischen CO_2-Speicherung wird Gas in gasdichte Bodenformationen oder durch Adsorptionsvorgänge eingeschlossen.

Carbon Capture & Utilization (CCU)
CCU meint die Weiterverwendung des bei Industrieprozessen entstehenden CO_2, beispielsweise für die Herstellung von synthetischem Methan oder synthetischen Flüssigkraftstoffen.

Cluster
Wirtschaftliche Cluster sind Agglomerationen und Kooperationsnetzwerke aus Wirtschafts- und Wissenschaftsakteuren in FuE und Produktion, die sich zumeist durch eine inhaltliche und räumliche Nähe der Akteure zueinander auszeichnen.

Community Innovation Surveys (CIS)
Die Community Innovation Surveys sind das wichtigste statistische Instrument der Europäischen Union zur Erfassung von Innovationsaktivitäten in Europa. Die CIS analysieren die Auswirkungen von Innovation auf die Wirtschaft auf Basis der Befragung einer repräsentativen Stichprobe von Unternehmen.

Computer-Aided-Facility-Managementsysteme
Bei Computer-Aided-Facility-Managementsystemen handelt es sich um IT-Systeme, die die Planung, Steuerung und Dokumentation von Facility-Managementprozessen wie die Verwaltung und Bewirtschaftung von Gebäuden und deren technischen Anlagen unterstützen.

Concentrated Solar Power
Als Concentrated Solar Power bezeichnet man die Dampferzeugung durch über Spiegel konzentrierte Sonneneinstrahlung, vgl. auch Solarthermie.

Curricularnormwerte
Der Curricularnormwert (CNW) beziffert den studiengangspezifischen Lehraufwand (in Semesterwochenstunden), der für die Ausbildung einer bzw. eines Studierenden innerhalb der Regelstudienzeit erforderlich ist. Die CNW sind in den Kapazitätsverordnungen (KapVO) der Bundesländer festgelegt.

Dachfonds
Bei Dachfonds investieren Anlegende in andere Investmentfonds.

Datenaggregation und -sharing
Datenaggregation bezeichnet die Sammlung und Verdichtung von Daten und Informationen in Datenbanken. Unter Datensharing wird der Austausch von Daten verstanden.

Dekarbonisierung
Dekarbonisierung beschreibt die Umstellung des Energiesystems von kohlenstoffhaltigen, fossilen Energieträgern hin zu erneuerbaren Energien.

Deutsche Börse Venture Network
Das Deutsche Börse Venture Network ist ein Netzwerk, das Investoren und junge, qualifizierte Wachstumsunternehmen zusammenführen soll. Es ging im Jahr 2015 an den Start.

Dezentrale Speicher
Ein Beispiel für einen dezentralen Speicher von Strom ist z.B. die Batterie in Elektrofahrzeugen.

DFG-Forschungszentren
DFG-Forschungszentren sind von der DFG geförderte, international sichtbare und innovative Forschungseinrichtungen an Hochschulen.

E-Government
E-Government (Electronic Government) steht für die Abwicklung von Regierungs- und Verwaltungsprozessen mit Hilfe von Informations- und Kommunikationstechnologien über elektronische Medien. Im Rahmen von E-Government werden Behördendienstleistungen und Verwaltungsangelegenheiten digitalisiert und online angeboten.

Elektrofahrzeuge
Elektrofahrzeuge sind Fahrzeuge, die ausschließlich mit einem Elektromotor ausgestattet sind und ihre Energie aus einer Batterie im Fahrzeug, die über das Stromnetz aufgeladen wird, beziehen.

Energieeffizientes Bauen und Sanieren
Energieeffizientes Bauen und Sanieren umfasst das Entwerfen, Planen und Erstellen von energiesparenden und ressourcenschonenden Gebäuden.

Energieeffizienz
Energieeffizienz ist das Maß für den Energieaufwand zur Erreichung eines festgelegten Nutzens. Die Energieeffizienz ist umso höher, je geringer die Energieverluste für das Erreichen des jeweiligen Nutzens sind.

Energierückgewinnungssysteme
Energierückgewinnungssysteme sind Systeme zur Sekundärnutzung bereits eingesetzter Energie, z. B. bei der Umwandlung kinetischer Energie von Fahrzeugen in Strom bei Bremsvorgängen oder bei der weiteren Nutzung von Abwärme aus Industrieprozessen.

Euronext
Euronext ist eine europäische Mehrländerbörse.

Exit-Kanal
Exit-Kanal ist die Bezeichnung für eine Ausstiegsmöglichkeit aus einem Investment. Zu den Exit-Kanälen für Beteiligungen an Start-ups zählen der Verkauf an einen strategischen Investor, der Börsengang, der Verkauf an eine andere Beteiligungsgesellschaft oder der Rückkauf der Unternehmensanteile durch die Unternehmensgründerinnen und -gründer.

Externalitäten
Externalitäten sind definiert als Auswirkungen wirtschaftlicher Aktivitäten auf Dritte, für die keine Kompensation geleistet wird. Ein Beispiel hierfür sind Wissensexternalitäten.

Exzellenzcluster
Die Exzellenzcluster sind eine Förderlinie der Exzellenzstrategie (vgl. dort). Sie sollen der projektbezogenen Förderung international wettbewerbsfähiger Forschungsfelder an Universitäten bzw. Universitätsverbünden dienen.

Exzellenzinitiative
Die Exzellenzinitiative war ein von 2005 bis 2017 in drei Förderphasen laufendes Förderprogramm von Bund und Ländern. Die Förderung erfolgte im Rahmen von drei Förderlinien: den Graduiertenschulen, den Exzellenzclustern und den Zukunftskonzepten. Die Exzellenzinitiative zielte darauf ab, den Wissenschaftsstandort Deutschland nachhaltig zu stärken, seine internationale Wettbewerbsfähigkeit zu verbessern und die universitäre Spitzenforschung sichtbarer zu machen. Die Umsetzung erfolgte durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) und den Wissenschaftsrat (WR). Nachfolgeprogramm der Exzellenzinitiative ist die Exzellenzstrategie (vgl. dort).

Exzellenzstrategie
Das unbefristete Nachfolgeprogramm für die 2017 ausgelaufene Exzellenzinitiative (vgl. dort) ist die Exzellenzstrategie. Sie umfasst zwei Förderlinien: Die Förderlinie der Exzellenzcluster soll der projektbezogenen Förderung international wettbewerbsfähiger Forschungsfelder an Universitäten bzw. Universitätsverbünden dienen. Mit der Förderlinie der Exzellenzuniversitäten sollen Universitäten bzw. Universitätsverbünde als Institution dauerhaft gestärkt und ihre internationale Spitzenstellung in der Forschung auf Basis erfolgreicher Exzellenzcluster ausgebaut werden.

Flottenmanagement-Systeme
Flottenmanagement-Systeme dienen der Verwaltung, Planung, Steuerung und Überwachung von Fahrzeugflotten.

Forschungsdaten-Managementsysteme
Bei Forschungsdaten-Managementsystemen handelt es sich um Systeme zur Aufbereitung, Speicherung, Archivierung und Veröffentlichung von Forschungsdaten.

Forschungsgruppen
Forschungsgruppen sind von der DFG geförderte enge Arbeitsbündnisse einiger exzellenter Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler.

Forschungsinformationssysteme
Forschungsinformationssysteme sind kombinierte Datenbank- und Berichtssysteme, die es ermöglichen, Forschungsaktivitäten übergreifend zu dokumentieren, zu bewerten und weiterzuentwickeln.

FuE-Intensität
Als FuE-Intensität bezeichnet man den Anteil der Ausgaben für Forschung und Entwicklung (FuE) am Umsatz eines Unternehmens oder einer Branche bzw. am Bruttoinlandsprodukt eines Landes.

FuE-intensive Industrie
Die FuE-intensive Industrie umfasst die Branchen der Spitzentechnologie (vgl. dort) und der hochwertigen Technologie (vgl. dort).

Graduiertenkollegs
Graduiertenkollegs sind von der DFG geförderte Einrichtungen, die der Qualifizierung von Doktorandinnen und Doktoranden im Rahmen eines thema-

tisch fokussierten Forschungsprogramms sowie eines strukturierten Qualifizierungskonzepts dienen.

Gründungsradar
Der Gründungsradar des Stifterverbandes für die deutsche Wissenschaft und der Heinz Nixdorf Stiftung vergleicht Hochschulprofile in der Gründungsförderung an deutschen Hochschulen.

Gründungsrate
Als Gründungsrate wird die Zahl der Gründungen in Relation zum Unternehmensbestand bezeichnet.

Hightech-Strategie (HTS)
Der Politikansatz der Bundesregierung zur Integration der Innovationsförderung über alle Bundesministerien hinweg ist die sogenannte Hightech-Strategie. Die aktuelle HTS 2025 wurde vom Bundeskabinett im September 2018 beschlossen.

Hochschulpakt
Der Hochschulpakt ist eine Vereinbarung zwischen Bund und Ländern, die 2007 auf den Weg gebracht wurde und bis 2020 konzipiert ist. Er soll zum einen ein der Nachfrage entsprechendes Studienangebot sicherstellen und zum anderen durch die Finanzierung der DFG-Programmpauschale den Wettbewerb um Forschungsmittel stärken.

Hochwertige Technologie
Als Güter der hochwertigen Technologie werden diejenigen FuE-intensiven Güter (vgl. dort) bezeichnet, bei deren Herstellung jahresdurchschnittlich mehr als 3 Prozent, aber nicht mehr als 9 Prozent des Umsatzes für Forschung und Entwicklung ausgegeben werden.

Hybridfahrzeuge
Hybridfahrzeuge sind sowohl mit einem Verbrennungsmotor als auch mit einem Elektromotor ausgestattet und vereinen damit elektrische und konventionelle Antriebs- und Energiesysteme.

IAB/ZEW-Gründungspanel
Das IAB/ZEW-Gründungspanel ist eine für Deutschland repräsentative Stichprobe, die Informationen über Gründungen und junge Unternehmen in Deutschland beinhaltet.

Industrie 4.0
In der industriellen Produktion werden Maschinen, Anlagen und Produkte zu einem informationstechnischen Netzwerk eingebetteter Systeme verbunden, um Flexibilisierungen und Effizienzsteigerungen zu erlauben. Der in Deutschland im Rahmen der Hannover-Messe 2011 geprägte Begriff der Industrie 4.0 fokussiert damit auf den Einsatz des Internets der Dinge im industriellen Kontext.

Inkubator
Ein Inkubator (Brutkasten) bietet Leistungen für Gründende an, die sich mit ihrer Gründungsidee noch in einem sehr frühen Stadium befinden. Dazu gehören Vernetzungsangebote, Angebote zur Vermittlung betriebswirtschaftlicher Kompetenzen sowie Coaching- und Mentoringangebote.

Innovationsintensität
Die Innovationsintensität bezeichnet die Innovationsausgaben in Relation zum Umsatz.

Innovative Kälte- und Wärmespeicher
Innovative Kälte- und Wärmespeicher sind Speicher, die es erlauben, die Produktion von Wärme bzw. Kälte (teilweise) vom Verbrauch zu entkoppeln, z. B. unter Nutzung chemischer Eigenschaften von Salzen.

Innovative Übertragungsnetztechnologien
Innovative Übertragungsnetztechnologien umfassen Netztechnologien für Höchstspannung inklusive Gleichstrom, Wechselstrom und Leiterseilmonitoring. Ein Beispiel innovativer Übertragungsnetztechnologien ist die Supraleiter-Technologie, die den Stromtransport im Höchstspannungsbereich ermöglicht. Supraleiter sind Materialien, deren elektrischer Widerstand beim Unterschreiten einer bestimmten Temperatur, der sogenannten Sprungtemperatur, auf Null fällt. In der Folge leiten diese Materialien Strom nahezu verlustfrei.

Kleinwindkraftanlagen
Kleinwindkraftanlagen sind Windkraftanlagen zur Stromerzeugung, die weniger als 50 Meter hoch sind und deren Leistung 50 kW nicht übersteigt.

Kraft-Wärme-Kopplung (KWK, Power-to-Heat)
Bei der Kraft-Wärme-Kopplung erfolgt die gleichzeitige Produktion von Strom und Wärme in derselben Anlage. Durch die Nutzung von Abwärme bei der Stromproduktion als Heizwärme kann insgesamt ein höherer Wirkungsgrad in der Anlage erreicht werden.

Ladeinfrastruktur
Hier sind die Infrastrukturen zum Laden von Elektrofahrzeugen gemeint. Dazu zählen u.a. der Auf- und Ausbau von Schnellladesäulen an der Autobahn mit Anschluss an ein Mittelspannungsnetz sowie von E-Tankstellen und privaten Ladesäulen.

Lernmanagementsysteme (LMS)
Lernmanagementsysteme sind Systeme, die der Bereitstellung von Lerninhalten und der Organisation von Lernvorgängen dienen.

Massive Open Online Course (MOOC)
MOOCs sind Kurse mit meist sehr großen Teilnehmerzahlen, die online angeboten werden und weltweit interessierten Nutzerinnen und Nutzern offen stehen.

Mezzanine Funds
Bei Mezzanine Funds handelt es sich um Fonds, die Mezzanine-Kapital investieren, also Kapital mit Charakteristika von Fremd- und Eigenkapital.

Mid Cap Funds
Bei Mid Cap Funds handelt es sich um Fonds, die ihre Mittel vor allem in mittelgroße börsennotierte Unternehmen investieren.

Mieterstrom
Unter Mieterstrom wird die Nutzung lokal produzierten Stroms (meist aus erneuerbaren Energien) durch Wohnungsmieterinnen und -mieter oder gewerbliche Nutzerinnen und Nutzer vor Ort verstanden.

Mobilitätsaggregatoren
Geschäftsmodelle zur Bündelung verschiedenster Mobilitätsdienste unter einem Dach, z.B. in einer App, nennt man Mobilitätsaggregatoren.

Niedertemperatur-Heizsysteme
Niedertemperatur-Heizsysteme sind Heizsysteme, die durch eine geringere Vorlauftemperatur Heizwärme effizienter bereitstellen können. Für die Wärmeabgabe sind allerdings große Flächen (über Wand oder Boden) nötig.

Offshore-Wind
Unter Offshore-Wind versteht man Windanlagen zur Stromerzeugung auf See.

Onshore-Wind
Windanlagen zur Stromerzeugung an Land wiederum bezeichnet man als Onshore-Wind.

Pakt für Forschung und Innovation (PFI)
Der Pakt regelt die Finanzierungszuwächse der fünf außeruniversitären Wissenschafts- und Forschungsorganisationen durch den Bund und die Länder. Im Gegenzug haben sich die Wissenschafts- und Forschungsorganisationen verpflichtet, die Qualität, Effizienz und Leistungsfähigkeit ihrer jeweiligen Forschungs- und Entwicklungstätigkeit zu steigern.

Peer-to-Peer-Stromhandel
Peer-to-Peer Stromhandel beschreibt die Direktvermarktung des erzeugten Stroms an Endkundinnen und -kunden ohne Zwischenschaltung von Intermediären (z. B. Blockchain-basiert).

Photovoltaik (PV)
Photovoltaik ist eine Methode zur direkten Stromerzeugung, bei der Sonnenenergie in elektrische Energie umgewandelt wird.

Power-to-Chemicals
Die Herstellung von chemischen Rohstoffen unter Nutzung von Strom bezeichnet man als Power-to-Chemicals.

Power-to-Gas
Unter Power-to-Gas wird die Herstellung synthetischer Gase (z. B. synthetischer Wasserstoff, synthetisches Methan) mit Hilfe von Strom zur energetischen Nutzung verstanden.

Power-to-Heat/Cold/Steam
Power-to-Heat/Cold/Steam bezeichnet die Umwandlung von Strom in Wärme, Kälte oder Dampf.

Power-to-Liquids
Bei Power-to-Liquids werden synthetische Flüssigkraftstoffe aus Wasserstoff und Kohlenstoff via Methanol-Synthese oder Fischer-Tropsch-Synthese hergestellt.

Private Equity
Private Equity bedeutet die außerbörsliche Bereitstellung von Eigenkapital für ein Unternehmen, das zunächst Kapital von Investoren benötigt, um zu einem späteren Zeitpunkt den wirtschaftlichen Erfolg mit den Kapitalgebern zu teilen.

Public-Private-Partnership (PPP)
Unter PPP versteht man Kooperationsformen von öffentlicher Verwaltung und privaten Wirtschaftsunternehmen, nach denen der Staat die ihm auferlegten Aufgaben in Zusammenarbeit mit Wirtschaftsunternehmen ausführt bzw. die Aufgaben gänzlich auf die Wirtschaftsunternehmen überträgt. Die Unternehmen profitieren dabei u. a. von den Kontakten und den Erfahrungen der öffentlichen Verwaltung in dem jeweiligen Bereich sowie natürlich von der Auftragsvergabe bzw. Investitionsmöglichkeit, die öffentliche Verwaltung wiederum kann bestimmte Vorhaben nur mit der finanziellen Unterstützung der Unternehmen durchführen.

Pumpspeicherkraftwerk
Als Pumpspeicherkraftwerk bezeichnet man ein Speicherkraftwerk, das der Speicherung von Energie durch Hinaufpumpen von Wasser dient.

Qualitätspakt Lehre
Im Juni 2010 brachten Bund und Länder das bis 2020 laufende „Programm für bessere Studienbedingungen und mehr Qualität in der Lehre“ auf den Weg. Der Hochschulpakt 2020 erhielt somit eine dritte Säule. Bei der Förderung geht es nicht darum, die Betreuung der Studierenden und die Lehrqualität in der Breite der Hochschullandschaft zu verbessern. Ziel des Programms ist vielmehr, die Personalausstattung der Hochschulen für Lehre, Betreuung und Beratung zu verbessern bzw. das vorhandene Personal weiter zu qualifizieren.

Quartiersspeicherlösungen
Quartiersspeicherlösungen dienen der lokalen Speicherung von Strom (meist aus PV-Anlagen) mit dem Ziel, das Übertragungsnetz zu entlasten.

Repositorien
Repositorien sind an Hochschulen oder Forschungseinrichtungen betriebene Dokumentenserver, auf denen wissenschaftliche Materialien archiviert und zugänglich gemacht werden.

Reduktion der Prozessemissionen
Die Reduktion der Prozessemissionen dient der Verringerung von Abfallprodukten und Emissionen bei verschiedensten Fertigungsprozessen.

Ressourcen-Managementsysteme
Ressourcen-Managementsysteme (Enterprise-Resource-Planning-Systeme, ERP-Systeme) dienen der Unterstützung von Geschäftsprozessen. Hierzu zählen u.a. die Steuerung und Verwaltung von betrieblichen Ressourcen wie Kapital, Personal oder Produktionsmitteln.

Scale
Scale ist das seit 2017 bestehende KMU-Segment der Deutschen Börse.

Schließungsrate
Den Anteil stillgelegter Unternehmen an der Zahl der im Jahresdurchschnitt in einem Land aktiven Unternehmen (Unternehmensbestand) bezeichnet man als Schließungsrate.

Schwerpunktprogramme
Ein besonderes Kennzeichen der Schwerpunktprogramme der DFG ist die überregionale Kooperation von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern.

Small Cap Funds
Bei Small Cap Funds handelt es sich um Fonds, die ihre Mittel vor allem in kleinere börsennotierte Unternehmen investieren.

Smart Meter
Smart Meter sind elektronische Stromzähler, die mittels einer Kommunikationseinheit Verbrauchs- und Erzeugungsdaten typischerweise in Echtzeit auslesen und (für Endnutzerinnen und -nutzer sowie Netzbetreiber etc.) verfügbar machen können.

Smart-Grid-Technologien
Smart-Grid-Technologien ermöglichen ein besseres Netzmanagement durch genauere Echtzeitmessungen sowie genauere Eingriffsmöglichkeiten in (dezentrale) Stromerzeugung und -verbrauch.

Solarthermie
Solarthermie bezeichnet die direkte Nutzung von Strahlungswärme der Sonne z.B. zur Warmwassergewinnung durch Sonnenkollektoren.

Sonderforschungsbereiche
Sonderforschungsbereiche sind von der DFG geförderte, langfristig angelegte Forschungseinrichtungen der Hochschulen, in denen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Rahmen eines fächerübergreifenden Forschungsprojekts zusammenarbeiten.

Spitzentechnologie
Als Güter der Spitzentechnologie werden diejenigen FuE-intensiven Güter bezeichnet, bei deren Herstellung jahresdurchschnittlich mehr als 9 Prozent des Umsatzes für Forschung und Entwicklung ausgegeben werden.

Sprunginnovationen
Sprunginnovationen sind Neuerungen, die in Märkten, Organisationen und Gesellschaften weitreichenden Wandel nach sich ziehen und große Wertschöpfungspotenziale eröffnen.

Start-ups
Als Start-ups bezeichnet man junge Unternehmen mit innovativen Geschäftsideen und hohen Wachstumspotenzialen.

Stille Beteiligung
Bei einer stillen Beteiligung beteiligt sich ein Investor an einem Unternehmen, tritt aber nach außen nicht als Gesellschafter auf. Der Investor erhält eine Gewinnbeteiligung, hat aber kein Entscheidungs- und Mitbestimmungsrecht.

Technologien für Gebäudeautomation
Technologien für Gebäudeautomation dienen der Reduktion des Energiebedarfs z.B. durch automatisches Absenken der Wohnungstemperatur bei Abwesenheit.

Technologien für Wärmerückgewinnung
Vgl. Energierückgewinnungssysteme.

Tenure Track
Als Tenure Track bezeichnet man wissenschaftliche Laufbahnen, die Nachwuchswissenschaftlerinnen und -wissenschaftlern nach erfolgreicher Evaluation eine unbefristete Professur in Aussicht stellen.

Track Records
Die Erfolgs- und Erfahrungsgeschichte einer Beteiligungsgesellschaft bezeichnet man als Track Record.

Transaktionsdurchsatz
Der Transaktionsdurchsatz beschreibt die Anzahl von durchgeführten Transaktionen pro Zeiteinheit.

Transnationale Patentanmeldungen
Transnationale Patentanmeldungen sind Anmeldungen in Patentfamilien mit mindestens einer Anmeldung bei der World Intellectual Property Organization (WIPO) über das PCT-Verfahren oder einer Anmeldung am Europäischen Patentamt. Für die exportorientierte deutsche Wirtschaft sind solche Patente von besonderer Bedeutung, weil sie den Schutz der Erfindung auch jenseits des Heimatmarktes betreffen.

Venture Capital Funds
Bei Venture Capital Funds handelt es sich um Fonds, die Wagniskapital (vgl. dort) investieren.

Venture Debt
Venture Debt ist eine Form der Fremdkapitalfinanzierung eines Start-ups. In der Regel handelt es sich um ein endfälliges, nicht besichertes Darlehen. Der Fremdkapitalgeber erhält zum Ausgleich für sein relativ hohes Risiko auch eine relativ hohe Verzinsung und je nach Ausgestaltung die Möglichkeit, das Darlehen in Anteile umzuwandeln.

Virtuelle Kraftwerke
Ein virtuelles Kraftwerk ist eine Zusammenschaltung vieler kleiner Stromerzeugungsanlagen wie z. B. Photovoltaikanlagen, Windenergieanlagen und Blockheizkraftwerke zu einem Verbund mit dem Ziel, flexibel elektrische Leistung zur Verfügung zu stellen.

Wagniskapital
Unter Wagnis- oder Risikokapital, auch Venture Capital genannt, versteht man das Startkapital für Existenzgründende und junge Unternehmen. Dazu zählen auch Mittel, die zur Stärkung der Eigenkapitalbasis kleinerer und mittlerer Unternehmen eingesetzt werden, damit diese expandieren und innovative, teilweise mit hohem Risiko behaftete Projekte realisieren können. Für die Kapitalgebenden ist die Investition von Wagniskapital ebenfalls mit hohem Risiko behaftet, daher der Begriff Risikokapital. Beteiligungskapital in Form von Wagniskapital wird oftmals von speziellen Risikokapitalgesellschaften (Kapitalbeteiligungsgesellschaften) zur Verfügung gestellt.

Wallet
Eine Wallet ist eine Software-Anwendung, in der eine Blockchain-Adresse hintelegt ist. Über die Wallet kann auf die mit der Blockchain-Adresse verbundene Kryptowährung zugegriffen und können Transaktionen veranlasst werden.

Wärmepumpensysteme
Wärmepumpensysteme erzeugen thermische Energie aus einem Reservoir niedriger Temperatur (z. B. Umgebungsluft, Grundwasser) mit Hilfe von Antriebsenergie wie Strom (elektrische Wärmepumpe) oder Gas (Gaswärmepumpe) und geben diese thermische Energie als Nutzwärme auf ein zu beheizendes System mit höherer Temperatur ab.

Wasserstoffmobilität
Wasserstoffmobilität bedeutet die Nutzung von Fahrzeugen, die mit Wasserstoff angetrieben werden und keine Treibhausgase ausstoßen.

Wissensintensive Dienstleistungen
Wissensintensive Dienstleistungen zeichnen sich im Wesentlichen dadurch aus, dass der Anteil der Beschäftigten mit Hochschulabschluss überdurchschnittlich hoch ist.

Wirtschaftszweige der FuE-intensiven Industrie und der wissensintensiven gewerblichen Dienstleistungen[545]

D 4

FuE-intensive Industriezweige WZ 2008 (4-stellige Klassen)

Spitzentechnologie

20.20 Herstellung von Schädlingsbekämpfungs-, Pflanzenschutz- und Desinfektionsmitteln
21.10 Herstellung von pharmazeutischen Grundstoffen
21.20 Herstellung von pharmazeutischen Spezialitäten und sonstigen pharmazeutischen Erzeugnissen
25.40 Herstellung von Waffen und Munition
26.11 Herstellung von elektronischen Bauelementen
26.20 Herstellung von Datenverarbeitungsgeräten und peripheren Geräten
26.30 Herstellung von Geräten und Einrichtungen der Telekommunikationstechnik
26.51 Herstellung von Mess-, Kontroll-, Navigations- und ähnlichen Instrumenten und Vorrichtungen
26.60 Herstellung von Bestrahlungs- und Elektrotherapiegeräten und elektromedizinischen Geräten
26.70 Herstellung von optischen und fotografischen Instrumenten und Geräten
29.31 Herstellung von elektrischen und elektronischen Ausrüstungsgegenständen für Kraftwagen
30.30 Luft- und Raumfahrzeugbau
30.40 Herstellung von militärischen Kampffahrzeugen

Hochwertige Technologie

20.13 Herstellung von sonstigen anorganischen Grundstoffen und Chemikalien
20.14 Herstellung von sonstigen organischen Grundstoffen und Chemikalien
20.52 Herstellung von Klebstoffen
20.53 Herstellung von etherischen Ölen
20.59 Herstellung von sonstigen chemischen Erzeugnissen anderweitig nicht genannt
22.11 Herstellung und Runderneuerung von Bereifungen
22.19 Herstellung von sonstigen Gummiwaren
23.19 Herstellung, Veredlung und Bearbeitung von sonstigem Glas einschließlich technischer Glaswaren
26.12 Herstellung von bestückten Leiterplatten
26.40 Herstellung von Geräten der Unterhaltungselektronik
27.11 Herstellung von Elektromotoren, Generatoren und Transformatoren
27.20 Herstellung von Batterien und Akkumulatoren
27.40 Herstellung von elektrischen Lampen und Leuchten
27.51 Herstellung von elektrischen Haushaltsgeräten
27.90 Herstellung von sonstigen elektrischen Ausrüstungen und Geräten anderweitig nicht genannt
28.11 Herstellung von Verbrennungsmotoren und Turbinen (ohne Motoren für Luft- und Straßenfahrzeuge)
28.12 Herstellung von hydraulischen und pneumatischen Komponenten und Systemen
28.13 Herstellung von Pumpen und Kompressoren anderweitig nicht genannt
28.15 Herstellung von Lagern, Getrieben, Zahnrädern und Antriebselementen
28.23 Herstellung von Büromaschinen (ohne Datenverarbeitungsgeräte und periphere Geräte)
28.24 Herstellung von handgeführten Werkzeugen mit Motorantrieb
28.29 Herstellung von sonstigen nicht wirtschaftszweigspezifischen Maschinen anderweitig nicht genannt
28.30 Herstellung von land- und forstwirtschaftlichen Maschinen
28.41 Herstellung von Werkzeugmaschinen für die Metallbearbeitung
28.49 Herstellung von sonstigen Werkzeugmaschinen
28.93 Herstellung von Maschinen für die Nahrungs- und Genussmittelerzeugung und die Tabakverarbeitung
28.94 Herstellung von Maschinen für die Textil- und Bekleidungsherstellung und die Lederverarbeitung
28.95 Herstellung von Maschinen für die Papiererzeugung und -verarbeitung
28.99 Herstellung von Maschinen für sonstige bestimmte Wirtschaftszweige anderweitig nicht genannt
29.10 Herstellung von Kraftwagen und Kraftwagenmotoren
29.32 Herstellung von sonstigen Teilen und sonstigem Zubehör für Kraftwagen
30.20 Schienenfahrzeugbau
32.50 Herstellung von medizinischen und zahnmedizinischen Apparaten und Materialien

Wissensintensive gewerbliche Dienstleistungen WZ 2008 (3-stellige Klassen)

Wissensintensive Dienstleistungen
Schwerpunkt Finanzen und Vermögen

411 Erschließung von Grundstücken; Bauträger
641 Zentralbanken und Kreditinstitute
642 Beteiligungsgesellschaften
643 Treuhand- und sonstige Fonds und ähnliche Finanzinstitutionen
649 Sonstige Finanzierungsinstitutionen
651 Versicherungen
652 Rückversicherungen
653 Pensionskassen und Pensionsfonds
661 Mit Finanzdienstleistungen verbundene Tätigkeiten
663 Fondsmanagement
681 Kauf und Verkauf von eigenen Grundstücken, Gebäuden und Wohnungen
683 Vermittlung und Verwaltung von Grundstücken, Gebäuden und Wohnungen für Dritte
774 Leasing von nichtfinanziellen immateriellen Vermögensgegenständen

Schwerpunkt Kommunikation

611 Leitungsgebundene Telekommunikation
612 Drahtlose Telekommunikation
613 Satellitentelekommunikation
619 Sonstige Telekommunikation
620 Erbringung von Dienstleistungen der Informationstechnologie
631 Datenverarbeitung, Hosting und damit verbundene Tätigkeiten; Webportale
639 Erbringung von sonstigen Informationsdienstleistungen
Schwerpunkt technische Beratung und Forschung
711 Architektur- und Ingenieurbüros
712 Technische, physikalische und chemische Untersuchung
721 Forschung und Entwicklung im Bereich Natur-, Ingenieur-, Agrarwissenschaften und Medizin
749 Sonstige freiberufliche, wissenschaftliche und technische Tätigkeiten, anderweitig nicht genannt

Schwerpunkt nichttechnische Beratung und Forschung

691 Rechtsberatung
692 Wirtschaftsprüfung und Steuerberatung; Buchführung
701 Verwaltung und Führung von Unternehmen und Betrieben
702 Public-Relations- und Unternehmensberatung
722 Forschung und Entwicklung im Bereich Rechts-, Wirtschafts- und Sozialwissenschaften sowie im Bereich Sprach-, Kultur- und Kunstwissenschaften
731 Werbung
732 Markt- und Meinungsforschung
821 Sekretariats- und Schreibdienste, Copy-Shops

Schwerpunkt Medien und Kultur

581 Verlegen von Büchern und Zeitschriften; sonstiges Verlagswesen
582 Verlegen von Software
591 Herstellung, Verleih und Vertrieb von Filmen und Fernsehprogrammen; Kinos
592 Tonstudios; Herstellung von Hörfunkbeiträgen; Verlegen von bespielten Tonträgern und Musikalien
601 Hörfunkveranstalter
602 Fernsehveranstalter
741 Ateliers für Textil-, Schmuck-, Grafik- und ähnliches Design
743 Übersetzen und Dolmetschen
823 Messe-, Ausstellungs- und Kongressveranstalter
900 Kreative, künstlerische und unterhaltende Tätigkeiten
910 Bibliotheken, Archive, Museen, botanische und zoologische Gärten

Schwerpunkt Gesundheit

750 Veterinärwesen
861 Krankenhäuser
862 Arzt- und Zahnarztpraxen
869 Gesundheitswesen, anderweitig nicht genannt

Aktuelle Studien zum deutschen Innovationssystem

D 5

Im Auftrag der Expertenkommission Forschung und Innovation werden regelmäßig Studien zu innovationspolitisch relevanten Themen erarbeitet. Sie sind im Rahmen der Reihe „Studien zum deutschen Innovationssystem“ über die Homepage der EFI (www.e-fi.de) zugänglich. Die Ergebnisse fließen in das Gutachten der Expertenkommission ein.

1-2019
Gehrke, B.; Kerst, C.; Wieck, M.; Trommer, M.; Weilage, I. (2019): Bildung und Qualifikation als Grundlage der technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands 2019. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

2-2019
Schasse, U. (2019): Forschung und Entwicklung in Staat und Wirtschaft 2019. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

3-2019
Bersch, J.; Gottschalk, S. (2019): Unternehmensdynamik in der Wissenswirtschaft in Deutschland 2017, Gründungen und Schließungen von Unternehmen, Gründungsdynamik in den Bundesländern, internationaler Vergleich, Wagniskapital-Investitionen in Deutschland und im internationalen Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

4-2019
Neuhäusler, P.; Rothengatter, O.; Frietsch, R. (2019): Patent Applications – Structures, Trends and Recent Developments 2018. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

5-2019
Stahlschmidt, S.; Stephen, D.; Hinze, S. (2019): Performance and Structures of the German Science System. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

6-2019
Gehrke, B.; Schiersch, A. (2019): FuE-intensive Industrien und wissensintensive Dienstleistungen im internationalen Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

7-2019
Kroll, H. (2019): Förderstrukturen in der Grundlagenforschung basierend auf Daten der DFG. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

8-2019
Kroll, H.; Helmich, P.; Frietsch, R.; Neuhäusler, P. (2019): Förderstrukturen in der Grundlagenforschung basierend auf Publikationsoutputs mit Bezug zu DFG-Förderung und Förderung vergleichbarer Förderagenturen in vier Vergleichsländern. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

9-2019
Janger, J.; Schmidt, N.; Strauss, A. (2019): International Differences in Basic Research Grant Funding – A Systematic Comparison. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

10-2019
Reetz, F. (2019): Herausforderungen und Förderstrategien für die Blockchain-Technologie. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

11-2019
Gatzen, C.; Pietsch, S.; Steinfort, T.; Grafenhofer, D. (2019): Technologische Innovationen und neue Geschäftsmodelle für die Energiewende – die Rolle der deutschen F&I Politik. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

12-2019
Böhm, M.; Hein, A.; Hermes, S.; Lurz, M.; Poszler, F.; Ritter, A.-C.; Soto Setzke, D.; Weking, J.; Welpe, I.; Krcmar, H. (2019): Die Rolle von Startups im Innovationssystem. Eine qualitativ-empirische Untersuchung. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

13-2019
Berger, M.; Egeln, J.; Gottschalk, S. (2019): Innovative Unternehmensgründungen in Deutschland. Auswertungen aus dem IAB/ZEW Gründungspanel. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

14-2019
Gilch, H.; Beise, A.S.; Krempkow, R.; Müller, M.; Stratmann, F.; Wannemacher, K. (2019): Digitalisierung der Hochschulen. Studien zum deutschen Innovationssystem. Berlin: EFI.

D 6 Literaturverzeichnis

A

Acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (2017): Sektorkopplung – Optionen für die nächste Phase der Energiewende. Schriftenreihe zur wissenschaftsbasierten Politikberatung. München: Acatech.

Acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (2018): Blockchain. München/Berlin: Acatech.

AGEB – AG Energiebilanzen e.V. (2018): Auswertungstabelle zur Energiebilanz Deutschland 1990 bis 2017. Berlin/Bergheim: AGEB.

Aghion, P.; Dewatripont, M.; Hoxby, C.; Mas-Colell, A.; Sapir, A. (2010): The Governance and Performance of Universities: Evidence from Europe and the US. Economic Policy. 25(61). S. 7–59.

Aste, T. (2018): Blockchain Technologies for Regulation. Präsentation bei der UCL Blockchain Summer School.

Ausfelder, F.; Fischedick, M.; Sauer, J.; Themann, M.; Wagner, H.-J. (2017): Sektorkopplung – Untersuchungen und Überlegungen zur Entwicklung eines integrierten Energiesystems. Analyse des Akademienprojekts „Energiesysteme der Zukunft“. Schriftenreihe Energiesysteme der Zukunft. München, Halle (Saale), Mainz.

Auth, G.; Künstler, S. (2016): Erfolgsfaktoren für die Einführung integrierter Campus-Management-Systeme – eine vergleichende Literaturanalyse mit praxisbezogener Evaluation. In: Meyr, H.C.; Pinzger M.: Informatik 2016. Bonn: Gesellschaft für Informatik.

Autor, D.H.; Salomons, A. (2018): Robocalypse Now – Does Productivity Growth Threaten Employment? Sintra, Portugal: ECB Forum on Central Banking (26.-28. Juni 2018).

Azoulay, P.; Fuchs, E.; Goldstein, A.P.; Kearney, M. (2018): Funding Breakthrough Research: Promises and Challenges of the “ARPA Model“. NBER Working Paper. No. 24674.

Azoulay, P.; Graff Zivin, J.S.; Manso, G. (2011): Incentives and Creativity: Evidence from the Academic Life Sciences. The RAND Journal of Economics. 42(3). S. 527–554.

B

BAND – Business Angels Netzwerk Deutschland (o.J.): Business Angels finanzieren Gründer. Facts and Background. Essen: BAND.

Barocas, S.; Hardt, M. (2017): Fairness in Machine Learning. Long Beach, CA: Annual Conference on Neural Information Processing Systems (NIPS).

Baumgartner, P.; Häfele, H.; Maier-Häfele, K. (2002): E-Learning Praxishandbuch, Auswahl von Lernplattformen. Marktübersicht, Funktionen, Fachbegriffe. Innsbruck, Wien, Bozen: StudienVerlag.

BDEW – Bundesverband der Energie- und Wasserwirtschaft e.V. (2018): Entwicklung des Wärmeverbrauchs in Deutschland. Basisdaten und Einflussfaktoren. Foliensatz zur BDEW-Publikation. Berlin: BDEW.

Berger, C.; Rumpe, B. (2008): Autonomes Fahren – Erkenntnisse aus der DARPA Urban Challenge. Information Technology. 50(4). 258–264.

Berger, M.; Egeln, J.; Gottschalk, S. (2019): Innovative Unternehmensgründungen in Deutschland. Auswertungen aus dem IAB/ZEW Gründungspanel. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 13-2019. Berlin: EFI.

Bersch, J.; Berger, M.; Wagner, S. (2018): Unternehmensdynamik in der Wissenswirtschaft in Deutschland 2016, Gründungen und Schließungen von Unternehmen, Gründungsdynamik in den Bundesländern, Internationaler Vergleich, Wagniskapital-Investitionen in Deutschland und im internationalen Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 3-2018. Berlin: EFI.

Bersch, J.; Gottschalk, S. (2019): Unternehmensdynamik in der Wissenswirtschaft in Deutschland 2017, Gründungen und Schließungen von Unternehmen, Gründungsdynamik in den Bundesländern, Internationaler Vergleich, Wagniskapital-Investitionen in Deutschland und im internationalen Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 3-2019. Berlin: EFI.

Bersch, J.; Gottschalk, S.; Müller, B.; Wagner, S. (2016): Unternehmensdynamik in der Wissenswirtschaft in Deutschland 2014, Gründungen und Schließungen von Unternehmen, Gründungsdynamik in den Bundesländern, Internationaler Vergleich, Akquisition von jungen Unternehmen als Innovationsstrategie. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 3-2016. Berlin: EFI.

BITKOM – Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und Neue Medien e.V. (2017): Bitkom Start-up Report 2017. Ergebnisse einer Online-Befragung unter Gründern von IT-Start-ups in Deutschland. Berlin: BITKOM.

Blind, K. (2002): Normen als Indikatoren für die Diffusion neuer Technologien. Endbericht für das BMBF. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2006): Die Hightech-Strategie für Deutschland. Berlin/Bonn: BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2010): Ideen. Innovation. Wachstum- Hightech-Strategie 2020 für Deutschland. Berlin/Bonn: BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2014): Die neue Hightech-Strategie – Innovationen für Deutschland. Berlin/Bonn: BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2016): Open Access in Deutschland. Die Open Access Strategie des Bundesministeriums für Bildung und Forschung. Berlin: BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2017): Mehr Chancen für Gründungen. Fünf Punkte für eine neue Gründerzeit. Bonn: BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2018a): Bundesbericht Forschung und Innovation 2018. Forschungs- und innovationspolitische Ziele und Maßnahmen. Berlin: BMBF.

BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2018b): Forschung und Innovation für die Menschen – Die Hightech-Strategie 2025. Berlin: BMBF.

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2018a): Klimaschutz in Zahlen. Fakten, Trends und Impulse deutscher Klimapolitik. Berlin: BMU.

BMU – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit (2018b): Klimaschutzbericht 2018. Zum Aktionsprogramm Klimaschutz 2020 der Bundesregierung. Berlin: BMU.

BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2014): Aktionsprogramm Klimaschutz 2020. Kabinettsbeschluss vom 3. Dezember 2014: BMUB.

BMUB – Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit (2016): Klimaschutzplan 2050. Klimaschutz-

politische Grundsätze und Ziele der Bundesregierung. Berlin: BMUB.

BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2014): Moderne Verteilernetze für Deuschland. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi). Forschungsprojekt Nr. 44/12. Berlin: BMWi.

BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2015): Energieeffizienzstrategie Gebäude. Wege zu einem nahezu klimaneutralen Gebäudebestand. Berlin: BMWi.

BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2017a): Überblick zu bestehenden Instrumenten zur Gründungs- und Wachstumsfinanzierung. Berlin: BMWi.

BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2017b): Workshop zur Antragstellung im LuFo V-3 für Kleine und Mittlere Unternehmen (KMU). Bonn: BMWi.

BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2018a): 10 Punkte für mehr Gründungen. Berlin: BMWi.

BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2018b): 7. Energieforschungsprogramm der Bundesregierung. Innovationen für die Energiewende. Berlin: BMWi.

BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2018c): Die Energie der Zukunft. Sechster Monitoring-Bericht zur Energiewende. Berlin: BMWi.

BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2018d): Energieeffizienz in Zahlen. Entwicklungen und Trends in Deutschland 2018. Berlin: BMWi.

BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2018e): Überblick zu Förderinstrumenten zur Gründungs- und Wachstumsfinanzierung. Berlin: BMWi.

BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2018f): Zeitreihen zur Entwicklung der erneuerbaren Energien in Deutschland. unter Verwendung von Daten der Arbeitsgruppe Erneuerbare Energien-Statistik (AGEE-Stat) (Stand: August 2018). Berlin: BMWi.

BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2018g): Altmaier: Mehr Wagniskapital für innovative Start-ups. Beteiligung der Europäischen Investitionsbank am Venture-Capital-Fonds coparion erhöht Fondsvolumen auf 275 Millionen Euro. Pressemitteilung vom 12. Dezember 2018.

BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2018h): Altmaier: Reallabore sollen kreatives Potential unseres Landes besser zur Entfaltung bringen. Pressemitteilung vom 14. Dezember 2018.

Böhm, M.; Hein, A.; Hermes, S.; Lurz, M.; Poszler, F.; Ritter, A.-C.; Soto Setzke, D.; Weking, J.; Welpe, I.; Krcmar, H. (2019): Die Rolle von Startups im Innovationssystem. Eine qualitativ-empirische Untersuchung. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 12-2019. Berlin: EFI.

Bonset, S. (2018): Blockchain-Hotspot: Berlin wird zur Hauptstadt der Kryptofans. t3n.

Breschi, S.; Malerba, F. (2011): Assessing the Scientific and Technological Output of EU Framework Programmes: Evidence from the FP6 Projects in the ICT Field. Scientometrics. 88(1). S. 239–257.

Bruch, C.; Pflüger, T. (2014): Das Zweitveröffentlichungsrecht des URHG § 38 Absatz 4. Möglichkeiten und Grenzen bei der Anwendung in der Praxis. Zeitschrift für Urheber- und Medienrecht (ZUM). 58(5). S. 357–452.

Bughin, J.; Hazan, E.; Ramaswamy, S.; Chui, M.; Allas, T.; Dahlströhm, P.; Henke, N.; Trench, M. (2017): Artificial Intelligence – The Next Digital Frontier. Discussion Paper: McKinsey Global Institute.

Bughin, J.; Seong, J.; Chui, M.; Joshi, R. (2018): Notes From the AI Frontier. Modeling the Impact of AI on the World Economy. Discussion Paper: McKinsey Global Institute.

Bundesanzeiger (2018): Richtlinie zur Förderung einer Kultur der unternehmerischen Selbständigkeit an Hochschulen – EXIST Potentiale. BAnz AT 28.11.2018 B2.

Bundesnetzagentur (2018): EEG in Zahlen 2017. Bonn: Bundesnetzagentur.

Bundesregierung (2018): Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung. Stand: November 2018. Berlin.

BVCA – British Private Equity & Venture Capital Association (2018): BVCA Report on Investment Activity 2017. London/Manchester: BVCA.

BVK – Bundesverband Deutscher Kapitalbeteiligungsgesellschaften e.V. (2018): Der deutsche Beteiligungsmarkt 2017. Berlin: BVK.

BVK; IE.F; Roland Berger GmbH – Bundesverband Deutscher Kapitalbeteiligungsgesellschaften; Internet Economy Foundation; Roland Berger GmbH (2018): Treibstoff Venture Capital. Wie wir Innovationen und Wachstum befeuern. Berlin/München: BVK; IE.F; Roland Berger GmbH.

C

Carayol, N.; Lanoë, M. (2017): The Impact of Project-Based Funding in Science: Lessons from the ANR Experience. Cahiers du GREThA. 2017-04. Bordeaux: Groupe de Recherche en Economie Théorique et Appliquée.

Cardon, D.; Cointet, J.-P.; Mazières, A. (2018): La revanche des neurones. Réseaux. 211(5). S. 173–220.

CDU, CSU, SPD – Christlich Demokratische Union Deutschlands; Christlich-Soziale Union in Bayern e.V.; Sozialdemokratische Partei Deutschlands (2018): Ein neuer Aufbruch für Europa, Eine neue Dynamik für Deutschland, Ein neuer Zusammenhalt für unser Land, Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD. Berlin: CDU, CSU, SPD.

Chui, M.; Manyika, J.; Miremadi, M. (2016): Where Machines Could Replace Humans – And Where They Can't (Yet). McKinsey Quarterly. 2-2016.

Cunningham, C.; Ederer, F.; Ma, S. (2018): Killer Acquisitions.

D

Dauth, W.; Findeisen, S.; Suedekum, J.; Woessner, N. (2017): German Robots – The Impact of Industrial Robots on Workers. CEPR Discussion Paper. No. DP12306.

Deinzer, G. (2018): OA 2020-DE: OA 2020 DE: Der Nationale Open Access Kontaktpunkt. Auf dem Weg zur Open-Access-Transformation. Regensburg: Universität Regensburg.

dena – Deutsche Energie-Agentur GmbH (2017): Optimierter Einsatz von Speichern für Netz- und Marktanwendungen in der Stromversorgung. dena-Netzflexstudie. Berlin: dena.

dena – Deutsche Energie-Agentur GmbH (2018): Power to X: Technologien. Berlin: dena.

Deutscher Bundestag (2017): Unterrichtung durch die Bundesregierung. Bericht über die Struktur-, Rechts- und Finanzierungselemente der substantiellen Intensivierung des KfW-Engagement im Bereich der Wagniskapital- und Beteiligungsfinanzierung. Drucksache 18/12748.

Deutscher Bundestag (2018a): Ausgründungen aus Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen (Nachfrage zur Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage auf Bundestagsdrucksache 19/3057). Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Dr. h. c. Thomas Sattelberger, Katja Suding, Nicola Beer, weiterer Abgeordneter und der Fraktion der FDP. Drucksache 19/4104.

Deutscher Bundestag (2018b): Runder Tisch des Bundesministers für Wirtschaft und Energie zu Versicherungswirtschaft und Wagniskapitalmarkt. Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Bettina Stark-Watzinger, Christian Dürr, Dr. Florian Toncar, weiterer Abgeordneter und der Fraktion der FDP. Drucksache 19/6895.

Deutscher Bundestag (2018c): Status quo und Pläne der Bundesregierung zur Verbesserung von Start-up- und Gründungsfinanzierungen. Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Dr. Danyal Bayaz, Lisa Paus, Dr. Gerhard Schick, weiterer Abgeordneter und der Fraktion Bündnis 90/ Die Grünen. Drucksache 19/4439.

DFG – Deutsche Forschungsgemeinschaft (2014): Satzung der Deutschen Forschungsgemeinschaft. In der Fassung des Beschlusses der Mitgliederversammlung vom 2. Juli 2014. Bonn: DFG.

DFG – Deutsche Forschungsgemeinschaft (2015): Wer stellt Anträge bei der DFG? Antragsentwicklung und Antragsteller im Spiegel der Statistik. Bonn: DFG.

DFG – Deutsche Forschungsgemeinschaft (2017): Jahresbericht 2017. Aufgaben und Ergebnisse. Bonn: DFG.

DFG – Deutsche Forschungsgemeinschaft (2018a): Förderatlas 2018. Kennzahlen zur öffentlich finanzierten Forschung in Deutschland. Bonn: DFG.

DFG – Deutsche Forschungsgemeinschaft (2018b): Förderung von Informationsinfrastrukturen für die Wissenschaft. Ein Positionspapier der Deutschen Forschungsgemeinschaft. Bonn: DFG.

DFG – Deutsche Forschungsgemeinschaft (2018c): Hinweise. Kooperationspflicht. Bonn: DFG.

DFG; WR – Deutsche Forschungsgemeinschaft; Wissenschaftsrat (2018): Entscheidungen in der Exzellenzstrategie: Exzellenzkommission wählt 57 Exzellenzcluster aus. Gemeinsame Pressemitteilung von DFG und Wissenschsftrat. Pressemitteilung vom 27.09.2018.

E

Ecofys; Fraunhofer IWES (2017): Smart-Market-Design in deutschen Verteilnetzen. Studie im Auftrag von Agora Energiewende. Berlin: Ecofys; Fraunhofer IWES.

EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2008): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit 2008. Berlin: EFI.

EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2009): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit 2009. Berlin: EFI.

EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2011): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2011. Berlin: EFI.

EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2012): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2012. Berlin: EFI.

EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2013): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2013. Berlin: EFI.

EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2014): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2014. Berlin: EFI.

EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2015): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologicher Leistungsfähigkeit Deutschlands 2015. Berlin: EFI.

EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2016): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2016. Berlin: EFI.

EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2017): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2017. Berlin: EFI.

EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation (2018): Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2018. Berlin: EFI.

Egeln, J.; Gottschalk, S. (2014): Finanzierung von jungen Unternehmen in Deutschland durch Privatinvestoren. Auswertungen aus dem KfW/ZEW-Gründungspanel. Gefördert durch das BMWi. Mannheim: ZEW.

Egeln, J.; Gottschalk, S.; Rammer, C.; Spielkamp, A. (2002): Spinoff-Gründungen aus der öffentlichen Forschung in Deutschland: Kurzfassung. Gutachten für das Bundesministerium für Bildung und Forschung. Mannheim: ZEW.

Eichhammer, W.; Boede, U.; Gagelmann, F.; Kling, N.; Schleich, J.; Schlomann, B.; Chesshire, J.; Ziesing, H.-J. (2001): Treibhausgasminderungen in Deutschland und UK: Folge „glücklicher" Umstände oder gezielter Politikmaßnahmen? Ein Beitrag zur internationalen Klimapolitik. UBA. Berlin: Umweltbundesamt.

EOP – Executive Office of the President (2016): Artificial Intelligence, Automation, and the Economy. Washington, D.C.: EOP.

Esteva, A.; Kuprel, B.; Novoa, R.A.; Ko, J.; Swetter, S.M.; Blau, H.M.; Thrun, S. (2017): Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. Nature. 542. 115–118.

European Commission (2017): H2020 Programme: Guidelines to the Rules on Open Access to Scientific Publications and Open Access to Research Data in Horizon 2020. Brüssel: European Commission.

European Commission – European Commission (2018): High-Performance Computing and EuroHPC Initiative. Pressemitteilung vom 11. Januar 2018.

EY (2018): EY study: Initial Coin Offerings (ICOs). The Class of 2017 – one year later: EY.

F

FCA – Financial Conduct Authority (2017): Distributed Ledger Technology. Feedback Statement on Discussion Paper 17/03. Feedback Statement.

Finck, M. (2018): Blockchains: Regulating the Unknown. German Law Journal. 19(4). S. 665–691.

Fischedick, M.; Grunwald, A. (2017): Pfadabhängigkeiten in der Energiewende. Das Beispiel Mobilität. München: Acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V.

Forschungszentrum Jülich – Forschungszentrum Jülich (2018): JUWELS in Betrieb genommen. Pressemitteilung vom 18. September 2018.

Fortin, J.-M.; Currie, D.J. (2013): Big Science vs. Little Science: How Scientific Impact Scales with Funding. PloS one. 8(6). e65263.

Frank, A.; Schröder, E. (2018): Gründungsradar 2018. Wie Hochschulen Unternehmensgründungen fördern. Essen: Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft e.V.

Frey, C.B.; Osborne, M. (2017): The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation. Technological Forecasting and Social Change. 114. S. 254–280.

Fridgen, G.; Guggenmos, F.; Lockl, J.; Rieger, A.; Urbach, N. (2018): Unterstützung der Kommunikation und Zusammenarbeit im Asylprozess mit Hilfe von Blockchain – Eine Machbarkeitsstudie des Bundesamts für Migration und Flüchtlinge. Nürnberg: Projektgruppe Wirtschaftsinformatik des Fraunhofer-Instituts für Angewandte Informationstechnik FIT.

G

Gabrysch, N. (2017): Phantom Shares, VSOP, VESOP, ESOP etc. Licht ins Dunkel der

Mitarbeiterbeteiligung. Präsentation zum HTGF-family day 2017. Bonn: HTGF.

Gatzen, C.; Pietsch, S. (2019): Technologische Innovationen und neue Geschäftsmodelle für die Energiewende – Die Rolle der deutschen F&I Politik. Studien zum deutschen Innovationssystem Nr. 11-2019. Berlin: EFI.

Gehrke, B.; Frietsch, R.; Neuhäusler, P.; Rammer, C. (2013): Neuabgrenzung forschungsintensiver Industrien und Güter – NIW/ISI/ZEW-Listen 2012. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 8-2013. Berlin: EFI.

Gehrke, B.; Kerst, C.; Wieck, M.; Trommer, M.; Weilage, I. (2019): Bildung und Qualifikation als Grundlage der technologischen Leistungsfähigkeit Deutschlands 2019. Fortschreibung der Indikatoren mit ergänzenden Analysen zu Hochschulen in privater Trägerschaft und zur Digitalisierung in der betrieblichen Weiterbildung. Studien zum deutschen Innovationssystem 1-2019. Berlin: EFI.

Gehrke, B.; Schiersch, A. (2019): FuE-intensive Industrien und wissensintensive Dienstleistungen im internationalen Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 6-2019. Berlin: EFI.

Gilch, H.; Beise, A.S.; Krempkow, R.; Müller, M.; Stratmann, F.; Wannemacher, K. (2019): Digitalisierung der Hochschulen. Ergebnisse einer Schwerpunktstudie für die Expertenkommission Forschung und Innovation. Studien zum deutschen Innovationssystem Nr.14-2019. Berlin: EFI.

Guzman, J.; Stern, S. (2017): The State of American Entrepreneurship: New Estimates of the Quantity of Entrepreneurship for 34 US States, 1988–2014. Cambridge, MA: MIT.

GWK – Gemeinsame Wissenschaftskonferenz (2005a): Bund-Länder-Vereinbarung gemäß Artikel 91b des Grundgesetzes (Forschungsförderung) über die Exzellenzinitiative des Bundes und der Länder zur Förderung von Wissenschaft und Forschung an deutschen Hochschulen – Exzellenzvereinbarung (ExV) – vom 18. Juli 2005. Bonn: GWK.

GWK – Gemeinsame Wissenschaftskonferenz (2005b): Pakt für Forschung und Innovation. Bonn: GWK.

GWK – Gemeinsame Wissenschaftskonferenz (2009a): Pakt für Forschung und Innovation. Beschluss der GWK vom 22. April 2009. Bonn: GWK.

GWK – Gemeinsame Wissenschaftskonferenz (2009b): Verwaltungsvereinbarung zwischen Bund und Ländern gemäß Artikel 91b Abs. 1 Nr. 2 des Grundgesetzes über die Fortsetzung der Exzellenzinitiative des Bundes und der Länder zur Förderung von Wissenschaft und Forschung an deutschen Hochschulen. – Exzellenzvereinbarung II (ExV II) – vom 24. Juni 2009. Bonn: GWK.

GWK – Gemeinsame Wissenschaftskonferenz (2014): Pakt für Forschung und Innovation – Fortschreibung 2016 – 2020. Bonn: GWK.

GWK – Gemeinsame Wissenschaftskonferenz (2016): Bekanntmachung der Verwaltungsvereinbarung zwischen Bund und Ländern gemäß Artikel 91b Absatz 1 des Grundgesetzes zur Förderung von Spitzenforschung an Universitäten – „Exzellenzstrategie“ –. Bonn: GWK.

GWK – Gemeinsame Wissenschaftskonferenz (2018a): Pakt für Forschung und Innovation. Monitoring-Bericht 2018. Bonn: GWK.

GWK – Gemeinsame Wissenschaftskonferenz (2018b): GWK verabschiedet straffe Arbeitsplanung für gemeinsame Förderprogramme. Bundesministerin Anja Karliczek ist neue GWK-Vorsitzende. Pressemitteilung vom 13. April 2018.

GWK – Gemeinsame Wissenschaftskonferenz (2018c): Förderung von Forschungsbauten, Großgeräten und Nationalem Hochleistungsrechnen – Aufbau einer Infrastruktur für die Hochschulen. Pressemitteilung vom 16. November 2018.

GWK – Gemeinsame Wissenschaftskonferenz (2018d): Forschungsdaten nachhaltig sichern und nutzbar machen – Startschuss für eine Nationale Forschungsdateninfrastruktur. Pressemitteilung vom 16. November 2018.

H

Harhoff, D.; Heumann, S. (2018): Neue Forschungsbündnisse. Wirtschaftsdienst. 98(7). S. 456–458.

Harhoff, D.; Kagermann, H.; Stratmann, M. (2018): Impulse für Sprunginnovationen in Deutschland. München: Herbert Utz Verlag.

Heinze, T.; Shapira, P.; Rogers, J.D.; Senker, J.M. (2009): Organizational and Institutional Influences on Creativity in Scientific Research. Research Policy. 38(4). S. 610–623.

Henger, R.; Schaefer, T. (2018): Möglichkeiten einer CO_2-Bepreisung im Wärmemarkt. Gutachten für den Zentralen Immobilien Ausschuss. IW-Gutachten. Köln: IW.

Henke, J.; Pasternack, P. (2017): Hochschulsystemfinanzierung. Wegweiser durch die Mittelströme. Lutherstadt Wittenberg: Institut für Hochschulforschung (HoF) Halle-Wittenberg.

Heumann, S.; Zahn, N. (2018): Erfolgsmessung von KI-Strategien. Mit Indikatoren und Benchmarks die Umsetzung der Strategie erfolgreich steuern. Berlin: Stiftung Neue Verantwortung e. V.

HFD – Hochschulforum Digitalisierung (2016): The Digital Turn. Hochschulbildung im digitalen Zeitalter. Arbeitspapier Nr. 27. Berlin: HFD.

HFD – Hochschulforum Digitalisierung (2018): Machbarkeitsstudie für eine (inter-)nationale Plattform für die Hochschullehre. Ergebnisbericht. Arbeitspapier Nr. 33. Berlin: HFD.

Hileman, G.; Rauchs, M. (2017): Global Blockchain Benchmarking Study. Cambridge: University of Cambridge.

HM Land Registry – HM Land Registry (2018): HM Land Registry to explore the benefits of blockchain. Pressemitteilung vom 1. Oktober 2018.

Hölling, M.; Weng, M.; Gellert, S. (2017): Bewertung der Herstellung von Eisenschwamm unter Verwendung von Wasserstoff. Stahl und Eisen. 137(6). S. 47–53.

HTGF – High-Tech Gründerfonds (2018): High-Tech Gründerfonds. In an Nutshell. The Active Portfolio HTGF I & HTGF II & HTGF III. Bonn: HTGF.

I

IBM; Maersk (2018a): Open Global Trade Digitization Platform. Overview of Offering. New York: IBM; Maersk.

IBM; Maersk (2018b): Maersk and IBM Introduce TradeLens Blockchain Shipping Solution. Pressemitteilung vom 9. August 2018.

Ida, T.; Fukuzawa, N. (2013): Effects of Large-Scale Research Funding Programs: A Japanese Case Study. Scientometrics. 94(3). S. 1253–1273.

Internationale Expertenkommission Exzellenzinitative (2016): Internationale Expertenkommission zur Evaluation der Exzellenzinitiative. Endbericht. Berlin: IEKE.

Invest Europe (2018): Tax Benchmark Study 2018. Defining Tax Environments for the Private Equity and Venture Capital Industry. Brüssel: Invest Europe.

ISO – International Organization for Standardization (2009): ISO Standards. Integrated Confidence. Annual Report 2008. Genf: ISO.

IT-Planungsrat (2016): Leitfaden: IT-Personal für die öffentliche Verwaltung gewinnen, binden und entwickeln. Beschluss des IT-Planungsrats vom 16. Juni 2016 Arbeitsgruppe „E-Government-Kompetenz“. Berlin: IT-Planungsrat.

J

Janger, J.; Schmidt, N.; Strauss, A. (2019): International Differences in Basic Research Grant Funding – A Systematic Comparison. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 9-2019. Berlin: EFI.

Johnson, L.; Adams, S.; Cummins, M. (2012): NMC Horizon Report. 2012 Higher Education Edition. Austin, Texas: The New Media Consortium.

K

Kawohl, J.M.; Welsch, A.; Nöll, F. (2018): Innovationen und Geschäftsmodelle durch Startups? Eine Analyse der Startup-Kooperationen, -Investments und -Übernahmen der DAX-Unternehmen. Berlin: Hochschule für Technik und Wirtschaft Berlin (HTW); Bundesverband Deutsche Start-ups.

KfW (2018): Beteiligungsmarkt: Geschäftsklima weiter sehr gut. German Private Equity Barometer. 3. Quartal 2018. Frankfurt a. M.: KfW.

KI Bundesverband e.V. (2018): Situation und Maßnahmenkatalog. Künstliche Intelligenz. Berlin: KI Bundesverband.

KPMG AG (2017): Deutscher Startup Monitor 2017. Mut und Macher. Berlin: KPMG AG.

KPMG AG (2018): Deutscher Startup Monitor 2018. Neue Signale, klare Ziele. Berlin: KPMG AG.

Kreutzer, T.; Hirche, T. (2017): Rechtsfragen zur Digitalisierung in der Lehre. Praxisleitfaden zum Recht bei E-Learning, OER und Open Content. Hamburg: Multimediakontor Hamburg.

Krizhevsky, A.; Sutskever, I.; Hinton, G.E. (2012): Imagenet classification with deep convolutional neural networks. In: Advances in neural information processing systems.

Kroll, H. (2019): Förderstrukturen in der Grundlagenforschung basierend auf Daten der DFG. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 7-2019. Berlin: EFI.

Kroll, H.; Helmich, P.; Frietsch, R.; Neuhäusler, P. (2019): Förderstrukturen in der Grundlagenforschung basierend auf Publikationsoutputs mit Bezug zu DFG-Förderung und Förderung vergleichbarer Förderagenturen in vier Vergleichsländern. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 8-2019. Berlin: EFI.

Kulicke, M. (2015): Zwischenevaluation der Programmphase EXIST IV im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitforschung durch das Fraunhofer ISI. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.

Kulicke, M. (2017a): EXIST-Forschungstransfer – Gründungsquote und Entwicklung der neuen Unternehmen. Bericht der wissenschaftlichen Begleitforschung zu „EXIST – Existenzgründungen aus der Wissenschaft“. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.

Kulicke, M. (2017b): EXIST-Gründerstipendium – Gründungsquote und Entwicklung der neuen Unternehmen. Gründungsvorhaben mit Förderbeginn September 2007 bis Dezember 2014 (nach alter Richtlinie). Bericht der wissenschaftlichen Begleitforschung zu „EXIST – Existenzgründungen aus der Wissenschaft“. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.

Kulicke, M. (2018): EXIST-Gründungskultur – Die Gründerhochschule: Erste Ergebnisse zu Förderwirkungen und Weiterführung der Unterstützungsmaßnahmen nach Förderende. Bericht der wissenschaftlichen Begleitforschung zu „EXIST – Existenzgründungen aus der Wissenschaft“. Karlsruhe: Fraunhofer ISI.

L

Lantmäteriet – Lantmäteriet (2018): Blockkedjan testad live – kan spara miljarder åt bostadsköpare och bolånekunder. Pressemitteilung vom 18. Juni 2018.

Lazear, E.P. (1997): Incentives in Basic Research. Journal of Labor Economics. 15 (1, Teil 2). S. 167–197.

Lejpras, A. (2014): How Innovative Are Spin-Offs at Later Stages of Development? Comparing Innovativeness of Established Research Spin-Offs and Otherwise Created Firms. Small Business Economics. 43(2). S. 327–351.

Licka, P.; Gautschi, P. (2017): Die digitale Zukunft der Hochschule. Wie sieht sie aus und wie lässt sie sich gestalten? Köln: Berinfor GmbH.

Löher, J.; Ivens, S.; Schlepphorst, S. (2018): Die größten Familienunternehmen in Deutschland. Unternehmensbefragung 2018 – Kooperationen mit Start-ups. Bonn: IfM Bonn.

Löher, J.; Schneck, S. (2018): Potenziale der Reallaborforschung für die Wirtschaftspolitik. Bonn: IfM Bonn.

Löschel, A.; Erdmann, G.; Staiß, F.; Ziesing, H.-J. (2018): Stellungnahme zum sechsten Monitoring-Bericht der Bundesregierung für das Berichtsjahr 2016. Berlin/Münster/Stuttgart: Expertenkommission zum Monitoring-prozess „Energie der Zukunft".

Löschel, A.; Flues, F.; Pothen, F.; Massier, P. (2013): Der deutsche Strommarkt im Umbruch. Zur Notwendigkeit einer Marktordnung aus einem Guss. Wirtschaftsdienst. 93(11). S. 778–784.

M

Manyika, J.; Lund, S.; Chui, M.; Bughin, J.; Woetzel, J.; Batra, P.; Ko, R.; Sanghvi, S. (2017): Jobs lost, jobs gained: What the future of work will mean for jobs, skills, and wages. Discussion Paper: McKinsey Gobal Institute.

Meinel, C.; Gayvoronskaya, T.; Schnjakin, M. (2018): Blockchain: Hype oder Innovation. Technische Berichte Nr. 113 des Hasso-Plattner-Instituts für Digital Engineering an der Universität. Potsdam: Hasso-Plattner-Institut für Digital Engineering.

Menter, M.; Lehmann, E.E.; Klarl, T. (2018): In Search of Excellence: A Case Study of the First Excellence Initiative of Germany. Journal of Business Economics. 88(9). S. 1105–1132.

Ministerium des Innern des Landes Nordrhein-Westfalen (2016): Verordnung über die Lehrverpflichtung an Universitäten und Fachhochschulen. Lehrverpflichtungsverordnung – LVV.

Möller, T. (2016): Messung möglicher Auswirkungen der Exzellenzinitiative sowie des Pakts für Forschung und Innovation auf die geförderten Hochschulen und außeruniversitären Forschungseinrichtungen. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 9-2016. Berlin: EFI.

Möller, T.; Schmidt, M.; Hornbostel, S. (2016): Assessing the Effects of the German Excellence Initiative with Bibliometric Methods. Scientometrics. 109(3). S. 2217–2239.

Müller, B.; Bersch, J.; Niefert, M.; Rammer, C. (2013): Unternehmensdynamik in der Wissenswirtschaft in Deutschland 2011, Gründungen und Schließungen von Unternehmen, Beschäftigungsbeitrag von Gründungen, Vergleich von Datenquellen mit Informationen zu Gründungen. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 4-2013. Berlin: EFI.

Müller, B.; Gottschalk, S.; Niefert, M.; Rammer, C. (2014): Unternehmensdynamik in der Wissenswirtschaft in Deutschland 2012. Gründungen und Schließungen von Unternehmen, Gründungsdynamik in den Bundesländern, Internationaler Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 3-2014. Berlin: EFI.

N

Nakamoto, S. (2018): Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System: bitcoin.org.

Neuhäusler, P.; Rothengatter, O.; Frietsch, R. (2019): Patent Applications – Structures, Trends and Recent Developments 2018. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 4-2019. Berlin: EFI.

Niedersächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kultur (2018): Verordnung über die Lehrverpflichtung an Hochschulen. Lehrverpflichtungsverordnung – LVVO.

O

o.V. (2003): Berliner Erklärung über den offenen Zugang zu wissenschaftlichem Wissen. Berlin:

o.V. (2014): Verwaltungsvereinbarung zwischen Bund und Ländern gemäß Artikel 91b Abs. 1 Nr. 2 des Grundgesetzes über den Hochschulpakt 2020 gemäß Beschluss der Regierungschefinnen und Regierungschefs von Bund und Ländern vom 11. Dezember 2014.

o.V. (2015): Ausführungsvereinbarung zum GWK-Abkommen über die gemeinsame Förderung der Deutschen Forschungsgemeinschaft – Ausführungsvereinbarung DFG (AV-DFG) – vom 27. Oktober 2008, geändert durch Beschluss der Gemeinsamen Wissenschaftskonferenz vom 17. April 2015.

o.V. (2018): Agentur zur Förderung von Sprunginnovationen.

OECD – Organisation for Economic Cooperation and Development (2017): OECD Science, Technology and Industry Scoreboard 2017. The Digital Transformation. Paris: OECD.

OECD – Organisation for Economic Cooperation and Development (2018a): Entrepreneurship at a Glance. 2018 Highlights. Paris: OECD.

OECD – Organisation for Economic Cooperation and Development (2018b): OECD Science, Technology and Innovation Outlook 2018. Adapting to Technological and Societal Disruption. Paris: OECD.

P

Payne, A.A.; Siow, A. (2003): Does Federal Research Funding Increase University Research Output? Advances in Economic Analysis & Policy. 3(1).

Pindyck, R.S. (2016): The Social Cost of Carbon Revisited. NBER Working Paper. 22807.

Piwowar, H.; Priem, J.; Larivière, V.; Alperin J.P.; Matthias, L.; Norlander, B.; Farley, A.; West J.; Haustein, S. (2018): The State of OA: a Large-Scale Analysis of the Prevalence and Impact of Open Access Articles. Peerj. 6(e4375).

Pongratz, J. (2017): IT-Architektur für die digitale Hochschule. München: Technische Universität München.

Purdy, M.; Daugherty, P. (o.J.): How AI Boosts Industry Profits an Innovation: Accenture; Frontier Economics.

R

Rammer, C.; Behrens, V.; Doherr, T.; Hud, M.; Köhler, M.; Krieger, B.; Peters, B.; Schubert, T.; Trunschke, M.; Burg, J. von der (2019): Innovationen in der deutschen Wirtschaft. Indikatorenbericht zur Innovationserhebung 2018. Innovationsaktivitäten der Unternehmen in Deutschland im Jahr 2017, mit einem Ausblick für 2018 und 2019. Mannheim: ZEW.

Rammer, C.; Hünermund, P. (2013): Innovationsverhalten der Unternehmen in Deutschland 2011 – Aktuelle Entwicklungen – Europäischer Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 3-2013. Berlin: EFI.

Rao, A.; Verweij, G. (o.J.): Sizing the Price – What's the Real Value of AI for Your Business and How Can you Capitalise?: PricewaterhouseCoopers.

Reetz, F. (2019): Herausforderungen und Förderstrategien für die Blockchain-Technologie. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 10-2019. Berlin: EFI.

Reichert, S.; Winde, M.; Meyer-Guckel, V. (2012): Jenseits der Fakultäten. Hochschuldifferenzierung durch neue Organisationseinheiten für Forschung und Lehre. Essen: Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft.

RfII – Rat für Informationsinfrastrukturen (2018): Gemeinsame Wissenschaftskonferenz von Bund und Ländern schafft Voraussetzung für zukunftsweisende datenbasierte Forschung. Pressemitteilung vom 19. November 2018.

Ricke, K.; Drouet, L.; Caldeira, K.; Tavoni, M. (2018): Country-level social cost of carbon. Nature Climate Change. 8(10). S. 895–900.

Riechert, M.; Tobias, R.; Heller, L.; Blümel, I.; Biesenbender, S. (2015): Überblick über den aktuellen Stand der Forschungsberichterstattung: Integration, Standardisierung, verteilte Informationssysteme. Themenkreis IV: IT-Zukunftsperspektiven. Karlsruhe: KIT.

Rogers, J.D.; Youtie, J.; Kay, L. (2012): Program-Level Assessment of Research Centers: Contribution of Nanoscale Science and Engineering Centers to US Nanotechnology National Initiative Goals. Research Evaluation. 21(5). S. 368–380.

Röhl, K.-H. (2010): Der deutsche Wagniskapitalmarkt. Ansätze zur Finanzierung von Gründern und Mittelstand. Köln: IW Medien GmbH.

S

Sailer, M.; Schultz-Pernice, F.; Chernikova, O.; Sailer; M.; Fischer, F. (2018): Digitale Bildung an bayerischen Hochschulen – Ausstattung, Strategie, Qualifizierung und Medieneinsatz. München: Vereinigung der Bayerischen Wirtschaft e.V.

Schasse, U. (2019): Forschung und Entwicklung in Staat und Wirtschaft. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 2-2019. Berlin: EFI.

Schasse, U.; Gehrke, B.; Stenke, G. (2018): Forschung und Entwicklung in Staat und Wirtschaft – Deutschland im internationalen Vergleich. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 2-2018. Berlin: EFI.

Schiersch, A.; Gehrke, B. (2014): Die Wissenswirtschaft im internationalen Vergleich: Strukturen, Produktivität, Außenhandel. Studien zum deutschen Innovationssystem. Nr. 6-2014. Berlin: EFI.

Schmid, U.; Goertz, L.; Radomski, S.; Thom, S.; Behrens, J. (2017): Monitor Digitale Bildung. Die Hochschulen im digitalen Zeitalter. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung.

Schmoch, U.; Gruber, S.; Frietsch, R. (2016): 5. Indikatorbericht. Bibliometrische Indikatoren für den PFI Monitoring Bericht 2016. Karlsruhe/Berlin/Bielefeld: Fraunhofer ISI, iFQ, Universität Bielefeld.

Schütte, J.; Fridgen, G.; Prinz, W.; Rose, T.; Urbach, N.; Hoeren, T.; Guggenberger, N.; Welzel, C.; Holly, S.; Schulte, A.; Sprenger, P.; Schwede, C.; Weimert, B.; Otto, B.; Dalheimer, M.; Wenzel, M.; Kreutzer, M.; Fritz, M.; Leiner, U.; Nouak, A. (2017): Blockchain und Smart Contracts. Technologien, Forschungsfragen und Anwendungen. München: Fraunhofer FIT; Fraunhofer IML.

Schweitzer, H.; Haucap, J.; Kerber, W.; Welker, R. (2018): Modernisierung der Missbrauchsaufsicht für marktmächtige Unternehmen. Endbericht. Projekt im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi). Projekt Nr. 66/17. Düsseldorf: DICE Consult.

Science Europe (2018): Communication on ‘Plan S’. Brüssel: Science Europe.

Simukovic, E.; Kindling, M.; Schirmbacher, P. (2013): Umfrage zum Umgang mit digitalen Forschungsdaten an der Humboldt-Universität zu Berlin. Berlin: Humboldt Universität zu Berlin.

Sirtes, D. (2013): Funding Acknowledgements for the German Research Foundation (DFG). The Dirty Data of the Web of Science Database and How to Clean It Up. In: Gorraiz, J.; Gumpenberger, C.; Hörlesberger,

M.; Moed, H.; Schiebel, E.: Proceedings of the 14th International Society of Scientometrics and Informetrics Conference. Wien: AIT GmbH.

Stahlschmidt, S.; Stephen; D.; Hinze, S. (2019): Performance and Structures of the German Science System. Studien zum deutschen Innovationssystem 5-2019. Berlin: EFI.

Startup Genome (2018): Global Startup Ecosystem Report 2018. Succeeding in the New Era of Technology. Oakland: Startup Genome.
Stephan, A. (2014): Are Public Research Spin-Offs More Innovative? Small Business Economics. 43(2). S. 353–368.

Stocksmeier, D.; Hunnius, S. (2018): OZG-Umsetzungskatalog. Digitale Verwaltungsleistungen im Sinne des Onlinezugangsgesetzes. 1. Auflage, Version 0.98. Berlin: BMI.

T

The Royal Society (2016): UK Research and the European Union. The Role of the EU in International Research Collaboration and Research Mobility. London: The Royal Society.

Turing, A. (1950): Computing Machinery and Intelligence. Mind. (236). S. 433–460.

U

UBA – Umweltbundesamt (2018): Hohe Kosten durch unterlassenen Umweltschutz. Eine Tonne CO_2 verursacht Schäden von 180 Euro – Umweltbundesamt legt aktualisierte Kostensätze vor. Pressemitteilung vom 20. November 2018.

UNEP – United Nations Environment Programme (2018): Emissions Gap Report 2018: Nairobi: UNEP.

V

van Dalen, R.; Mehmood, S.; Verstraten, P.; van der Wiel, K. (2014): Public Funding of Science: An International Comparison. Den Haag: CPB Netherlands Bureau for Economic Policy Analysis.

Vereinigung Kommunaler Arbeitgeberverbände (2018): Arbeitgeberrichtlinie der VKA zur Gewinnung und zur Bindung von Fachkräften, insbesondere auf dem Gebiet der Informationstechnik und von Ingenieurinnen und Ingenieuren. Fachkräfte-RL.

Veugelers, R.; Cassiman, B. (1999): Make and Buy in Innovation Strategies: Evidence from Belgian Manufacturing Firms. Research Policy. 28(1). S. 63–80.

Viebahn, P.; Zelt, O.; Fischedick, M.; Hildebrand, J.; Heib, S.; Becker, D.; Horst, J. (2018): Technologien für die Energiewende. Politikbericht an das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Wuppertal Report. Wuppertal/Karlsruhe/Saarbrücken: Wuppertal Institut, Fraunhofer ISI, IZES.

Vries, A. de (2018): Bitcoin's Growing Energy Problem. Joule. 2(5). S. 801–805.

W

Wallisch, M.; Hemeda, A. (2018): Mittelstand meets Startups 2018. Potenziale der Zusammenarbeit. Gefördert durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie. Eschborn: RKW Kompetenzzentrum.

Waltman, L.; van Eck, N.J.; van Leeuwen, T.N.; Visser, M.S.; van Raan, A.F. (2011): Towards a New Crown Indicator: Some Theoretical Considerations. Journal of Informetrics. 5(1). S. 37–47.

WEF – World Economic Forum in Kooperation mit The Boston Consulting Group (2018): Towards a Reskilling Revolution. A Future of Jobs for All. Cologny (Genf): WEF.

Whalley, A.; Hicks, J. (2014): Spending Wisely? How Resources Affect Knowledge Production in Universities. Economic Inquiry. 52(1). S. 35–55.

Wilhelm, M. (2018): Truly Legendary Freedom: Funding, Incentives, and the Productivity of Scientists. Unveröffentlichter Artikel. München: LMU München.

Wohlgemuth, M.; Rimmert, C.; Taubert, N.C. (2017): Publikationen in Gold-Open-Access-Journalen auf globaler und europäischer Ebene sowie in Forschungsorganisationen. Bielefeld: Universität Bielefeld.

Woodward, S. (2019): The American Role in European Venture Capital. Working Paper: Sand Hill Econometrics, Menlo Park, California.

WR – Wissenschaftsrat (2018): Hochschulbildung im Anschluss an den Hochschulpakt 2020. Positionspapier. Drucksache 7013-18. Köln: WR.

Wu, T. (2018): The Curse of Bigness. Antitrust in the New Gilded Age. New York: Columbia Global Reports.

Z

Zinke, G.; Ferdinand, J.-P.; Groß, W.; Möring, J.L.; Nögel, L.; Petzolt, S.; Richter, S.; Robeck, M.S.; Wessels, J. (2018): Trends in der Unterstützungslandschaft von Start-ups – Inkubatoren, Akzeleratoren und andere. Im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi). Berlin: Institut für Innovation und Technik in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH.

D 7 Endnoten-verzeichnis

A 1

1 Vgl. BMBF (2018b).
2 Vgl. https://www.hightech-strategie.de/de/leitfaden-fuer-die-zukunft-1781.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019).
3 Zur ersten Phase der HTS vgl. BMBF (2006) und EFI (2008: Kapitel C 5), zur zweiten Phase der HTS vgl. BMBF (2010) und EFI (2011: Kapitel A 5), zur dritten Phase der HTS vgl. BMBF (2014) und EFI (2015: Kapitel A 3).
4 Vgl. BMBF (2018b: 9 und 11).
5 BMBF (2018b: 11).
6 In der dritten Phase der HTS wurden sechs prioritäre Zukunftsaufgaben benannt: „Digitale Wirtschaft und Gesellschaft", „Nachhaltiges Wirtschaften und Energie", „Innovative Arbeitswelt", „Gesundes Leben", „Intelligente Mobilität" und „Zivile Sicherheit". Zur dritten Phase der HTS vgl. detaillierter EFI (2015: 25ff.).
7 BMBF (2018b: 26).
8 Vgl. BMBF (2018b: 34).
9 Vgl. BMBF (2018b: 4 und 34).
10 Vgl. EFI (2012: 60ff.).
11 Vgl. EFI (2014: 27).
12 Vgl. EFI (2017: 27).
13 Vgl. BMBF (2018b: 46).
14 Vgl. BMBF (2018b: 46ff.).
15 Vgl. BMBF (2018b: 47).
16 Vgl. https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/kurzmeldungen/DE/2018/08/cyberagentur.html und https://www.bmvg.de/de/aktuelles/bundeskabinett-beschliesst-cyberagentur-27392 (letzter Abruf jeweils am 18. Januar 2019).
17 Vgl. auch EFI (2017: 27 und 93ff.).
18 Vgl. auch EFI (2017: 91 und 104).
19 Vgl. auch EFI (2017: 29 und 105ff.).
20 Vgl. EFI (2017: 51ff.).
21 Vgl. EFI (2017: 51).
22 Vgl. BMBF (2018b: 52).
23 Vgl. z.B. EFI (2008: 32ff.) und EFI (2017: Kapitel B 7).
24 Vgl. EFI (2017: Kapitel B 7).
25 Die Expertenkommission hält den Begriff „Mission" in diesem Zusammenhang für irreführend, da er einen klassisch missionsorientierten Ansatz der F&I-Politik nahelegt. Beim klassisch missionsorientierten Ansatz der F&I-Politik werden die Ziele und die technologischen Entwicklungen, mit denen sie erreicht werden sollen, vorab definiert. Vgl. EFI (2017: 88).
26 Vgl. BMBF (2018b: 16).
27 Vgl. EFI (2015: 25).
28 Vgl. BMBF (2018b: 60).
29 In den ersten beiden Phasen der HTS war dies die Forschungsunion, in der dritten Phase der HTS das Hightech-Forum.
30 Vgl. hierzu und im Folgenden BMBF (2018b: 61).
31 Vgl. EFI (2015: 27f.).
32 Vgl. BMBF (2018b: 62).
33 Vgl. BMBF (2018b: 61).
34 Vgl. EFI (2017: Kapitel B 5-3) und EFI (2014: Kapitel A 2).
35 Vgl. https://www.stifterverband.org/pressemitteilungen/2018_11_12_forschung_und_entwicklung (letzter Abruf am 18. Januar 2019).
36 Vgl. EFI (2013: 21).
37 Vgl. CDU, CSU, SPD (2018: 67).
38 Bei der Überschlagsrechnung der Expertenkommission wurde angenommen, dass die FuE- Ausgaben bis 2025 jährlich um denselben Betrag anwachsen und dass der Anteil des Bundes an den gesamten FuE-Ausgaben konstant bleibt. Es wurden Daten für 2017 zugrunde gelegt – Bruttoinlandsprodukt, FuE-Ausgaben, FuE-Ausgaben des Bundes in Preisen von 2017. Datenquelle für das Bruttoinlandsprodukt 2017: Statistisches Bundesamt. Datenquellen für FuE-Ausgaben 2017: Eurostat Database und Schasse (2019). Datenquelle für FuE-Ausgaben des Bundes 2017: BMBF.
39 Vgl. o.V. (2018: 1).
40 Vgl. o.V. (2018: 2).
41 Vgl. o.V. (2018: 2f.).
42 Als Alleingesellschafter ist der Bund auch einziger Gesellschafter in der Gesellschafterversammlung. Im Aufsichtsrat haben die Vertreterinnen und Vertreter des Bundes hingegen keine Mehrheit. Vgl. o.V. (2018: 3) und Information des BMBF vom 18. Oktober 2018.
43 Vgl. o.V. (2018: 2).
44 Vgl. o.V. (2018: 3f.).
45 Vgl. hierzu und im Folgenden o.V. (2018: 5).
46 Zum Vergleich: Das DARPA-Budget für die Jahre 2018 und 2019 beträgt 3,2 und 3,4 Milliarden US-Dollar. Vgl. https://www.darpa.mil/about-us/budget (letzter Abruf am 18. Januar 2019). Vgl. auch Harhoff et al. (2018: 12).
47 Vgl. hierzu und im Folgenden https://www.bmi.bund.de/SharedDocs/kurzmeldungen/DE/2018/08/cyberagentur.html und https://www.bmvg.de/de/aktuelles/bundeskabinett-beschliesst-cyberagentur-27392 (letzter Abruf jeweils am 18. Januar 2019).
48 Vgl. hierzu und im Folgenden DFG und WR (2018).
49 Vgl. GWK (2016).
50 Vgl. hierzu und im Folgenden Azoulay et al. (2018).
51 Vgl. hierzu und im Folgenden Berger und Rumpe (2008) und http://archive.darpa.mil/grandchallenge/overview.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019).
52 Vgl. https://www.darpa.mil/news-events/2014-03-13 (letzter Abruf am 18. Januar 2019).
53 Vgl. http://robots.stanford.edu/personal.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019).
54 Vgl. https://velodynelidar.com/newsroom/it-began-with-a-race/ (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

55 Vgl. https://www.darpa.mil/about-us/timeline/arpanet (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

56 Vgl. GWK (2018b). Gleiches gilt für den Qualitätspakt Lehre.

57 Vgl. hierzu und im Folgenden EFI (2018: 21).

58 Vgl. CDU, CSU, SPD (2018: 32).

59 Vgl. EFI (2018: 21). Der Wissenschaftsrat diskutiert in seinem Positionspapier „Hochschulbildung im Anschluss an den Hochschulpakt 2020" die Vor- und Nachteile verschiedener kapazitäts- und qualitätsbezogener Indikatoren. Vgl. WR (2018: Kapitel C.III.2).

60 Vgl. hierzu und im Folgenden EFI (2017); EFI (2016: 28 und 30) und EFI (2017: 19 und 40). Vgl. hierzu auch WR (2018: 43).

61 Vgl. EFI (2017: Kapitel B 7).

A 2

62 Die High Level Group der Europäischen Union hat jüngst die bisher von der Europäischen Kommission verwendete Definition von KI erweitert: "Artificial intelligence (AI) refers to systems designed by humans that, given a complex goal, act in the physical or digital world by perceiving their environment, interpreting the collected structured or unstructured data, reasoning on the knowledge derived from this data and deciding the best action(s) to take (according to pre-defined parameters) to achieve the given goal. AI systems can also be designed to learn to adapt their behaviour by analysing how the environment is affected by their previous actions. As a scientific discipline, AI includes several approaches and techniques, such as machine learning (of which deep learning and reinforcement learning are specific examples), machine reasoning (which includes planning, scheduling, knowledge representation and reasoning, search, and optimization), and robotics (which includes control, perception, sensors and actuators, as well as the integration of all other techniques into cyber-physical systems)." Vgl. High Level Group (2018: 7). Um Übertreibungen in der gesellschaftlichen KI-Diskussion zu vermeiden, wurde in einer jüngeren Studie von Agrawal et al. (2018) der Vorschlag gemacht, von Prognosemaschinen (prediction machines) zu sprechen, da auch den besonders leistungsfähigen Systemen im Wesentlichen ein Klassifikations- oder Prognosealgorithmus zugrunde liegt. Das Besondere moderner Systeme liegt in der Geschwindigkeit und Präzision, mit der sie diese Aufgabe lösen. Die Bundesregierung legt ihrer KI-Strategie das Ziel zugrunde, Verfahren der sogenannten schwachen KI fördern zu wollen. Damit sind Verfahren gemeint, die die Lösung konkreter Anwendungsprobleme bezwecken. Dem stehen Ansätze der sogenannten starken KI gegenüber, mit denen versucht wird, Maschinenintelligenz zu entwickeln, deren intellektuelle Fähigkeiten denen des Menschen gleichen oder diese sogar übertreffen.

63 Zwei Beispiele aus dem humanmedizinischen Bereich sind die Klassifikation von Hautkrebs mithilfe von Deep Machine Learning und die Beurteilung kardiovaskulärer Risikofaktoren anhand von Computer Vision. Vgl. Esteva et al. (2017) und https://ai.googleblog.com/2018/02/assessing-cardiovascular-risk-factors.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

64 Vgl. EFI (2008: 66ff.).

65 Die symbolische KI beruht auf dem Konzept Regeln zu entwickeln, die es ermöglichen, aus Eingabewerten eine Schlussfolgerung zu ziehen. Im Gegensatz dazu resultieren in der neuronalen KI diese Regeln aus einem Abgleich von Eingabewerten und Schlussfolgerungen. Somit handelt es sich bei symbolischer KI um ein deduktives System, während neuronale KI ein induktives System ist. Vgl. Cardon et al. (2018). Im Anwendungsfall der Bilderkennung entsprechen Eingabewerte Fotos und Schlussfolgerungen den erkannten Bildinhalten (z. B. Katze im Fall eines Katzenfotos). Regeln können hier Kombinationen aus Farben und geometrischen Formen beinhalten, die das Aussehen einer Katze beschreiben. Um eine symbolische KI zur Erkennung von Katzenbildern zu entwickeln, müssten diese Regeln möglichst genau beschrieben werden. Eine neuronale KI zur Erkennung von Katzenbildern müsste hingegen genügend Fotos und die dazugehörigen Bildinhalte abgleichen, um so selbst Regeln ableiten zu können, die diese Bildinhalte definieren.

66 Vgl. Krizhevsky et al. (2012).

67 Vgl. https://www.bmbf.de/foerderungen/bekanntmachung-1367.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

68 Vgl. https://www.softwaresysteme.pt-dlr.de/de/ml-kompetenzzentren.php (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

69 Vgl. Bughin et al. (2017).

70 So geht PricewaterhouseCoopers von einer potenziellen kumulativen Erhöhung der BIP-Werte bis 2030 von 26 Prozent aus, wenn KI zum Einsatz kommt. Vgl. Rao und Verweij (o. J.). Accenture prognostiziert eine Erhöhung der Wachstumsraten von 16 Industrien um 1,7 Prozentpunkte jährlich bis 2035. Vgl. Purdy und Daugherty (o.J.). Eine Studie von McKinsey & Company sieht zusätzliche Wertschöpfungspotenziale von (global) 13 Trillionen Dollar bis 2030 oder (umgerechnet) ein kumulativ um 16 Prozent erhöhtes BIP bezogen auf das Jahr 2018. Das jährliche BIP-Wachstum würde um durchschnittlich 1,2 Prozentpunkte erhöht werden. Vgl. Bughin et al. (2018).

71 Erste Studien hatten erhebliche Substitutionspotenziale menschlicher Arbeit durch digitale Technologien konstatiert. Vgl. z.B. Frey und Osborne (2017). Diese Ergebnisse wurden in der Öffentlichkeit irrtümlich als Evidenz interpretiert, die die These einer unmittelbar bevorstehenden Massenarbeitslosigkeit stützte. Jüngere Studien, die auch Komplementaritäten zwischen Technologie und menschlicher Arbeit sowie indirekte Einkommenseffekte berücksichtigen, kommen zu dem Ergebnis, dass infolge des Einsatzes von KI die Arbeitsnachfrage in Deutschland vermutlich steigen wird. Vgl. hierzu Manyika et al. (2017), Chui et al. (2016) sowie WEF (2018). Vgl. auch Autor und Salomons (2017) sowie Dauth et al. (2017). Untersuchungen vergangener technologischer Entwicklungen zeigen zudem, dass Arbeitnehmer mit mittlerem Qualifikationsniveau in Deutschland, anders als in anderen Ländern, gut auf technologischen Veränderungen vorbereitet waren. Gründe hierfür waren u. a. eine gute und breite berufliche Ausbildung mit regelmäßig aktualisierten Curricula sowie systematische Weiterbildungsanstrengungen älterer Arbeitnehmer. Vgl. EFI (2016: 55 ff.).

72 Vgl. Barocas und Hardt (2017) sowie https://fairmlbook.org/ (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

73 Vgl. https://www.faz.net/aktuell/feuilleton/debatten/wie-man-algorithmen-transparent-machen-kann-15652267.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019). Im Koalitionsvertrag der Bundesregierung wird gefordert, „Algorithmen- und KI-basierte Entscheidungen, Dienstleistungen und Produkte“ überprüfbar zu machen.

74 Vgl. EOP (2016).

75 Vgl. Heumann und Zahn (2018).

76 Vgl. CDU, CSU, SPD (2018).

77 Dazu gehören: i) die Stärkung der Forschung in Deutschland und Europa, ii) Innovationswettbewerbe und europäische Innovationscluster; iii) die Stärkung des Transfers wissenschaftlicher Ergebnisse in Wirtschaft und Mittelstand; iv) die Belebung der Gründungsdynamik; v) die aktive Gestaltung des Strukturwandels und möglicher Verwerfungen auf dem Arbeitsmarkt; vi) die Stärkung der Ausbildung und Fachkräftegewinnung; vii) die Nutzung von KI in der Verwaltung; viii) Maßnahmen zur Bereitstellung und Verfügbarmachung von Daten; ix) die Anpassung des Ordnungsrahmens; x) die Unterstützung von Standardisierungsmaßnahmen; xi) die Unterstützung von gesellschaftlichen Dialogen und die Weiterentwicklung des politischen Handlungsrahmens. Vgl. Bundesregierung (2018).

78 In den Kompetenzzentren Mittelstand 4.0 sollen KI-Trainer mindestens 1.000 Unternehmenskontakte pro Jahr erzielen.

79 Die Investitionen Chinas und der USA sind gleichwohl deutlich höher. Vgl. Heumann und Zahn (2018: 10 und 13).

80 Vgl. Heumann und Zahn (2018). In diesem Beitrag werden KPIs (Key Performance Indicators) für die Beurteilung nationaler KI-Strategien diskutiert.

81 Vgl. Harhoff und Heumann (2018).

82 Die intergouvernementale Zusammenarbeit bietet den kooperierenden Ländern größere Flexibilität und im Idealfall geringere Bürokratiekosten. Die Kooperation im Rahmen von EU-Programmen erleichtert dahingegen die Einbindung von Institutionen aus allen Mitgliedsländern der Union.

83 Vgl. https://www.embl.de/aboutus/general_information/ (letzter Abruf am 18. Januar 2019). Das EMBL hat sechs Standorte (Heidelberg, Hinxton, Grenoble, Hamburg, Rom, Barcelona).

84 Vgl. Bundesregierung (2018: 33f.).

A 3

85 Für eine detaillierte Beschreibung der Forschungsförderorganisationen vgl. Janger et al. (2019). UKRI ist die Dachorganisation von folgenden sieben Forschungsförderorganisationen: AHRC, BBSRC, EPSRC, ESRC, MRC, NERC und STFC.

86 DFG (2014: §1).

87 Vgl. http://www.dfg.de/dfg_profil/aufgaben/index.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019) und DFG (2014: §1). Begriffe in Anführungszeichen entsprechen hier und im Folgenden dem Wortlaut der Statuten der DFG.

88 Ausgenommen hiervon sind Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, die an einer Einrichtung arbeiten, die gemeinnützig ist oder die sofortige Veröffentlichung der Forschungsergebnisse nicht zulässt. Vgl. http://www.dfg.de/foerderung/antrag_gutachter_gremien/antragstellende/index.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

89 Vgl. BMBF (2018a: 90).

90 Weit nachrangig folgten die Institute der Leibniz-Gemeinschaft mit 2 Prozent, die Max-Planck-Gesellschaft und die Helmholtz-Gemeinschaft jeweils mit 1,2 Prozent, Fachhochschulen mit 0,4 Prozent, die Fraunhofer-Gesellschaft ebenso wie die Pädagogischen, Theologischen und Kunst-Hochschulen mit 0,1 Prozent; andere Empfängergruppen erhielten zusammen die restlichen 3,7 Prozent. Auf sehr niedrigem Niveau sind die Anteile der Max-Planck-Gesellschaft, der Helmholtz-Gemeinschaft und der Fraunhofer-Gesellschaft leicht gesunken, während der Anteil von Fachhochschulen, ebenfalls auf sehr niedrigem Niveau, seit 2008 leicht gestiegen ist. Vgl. Kroll (2019: 7f. und 22). Die Zahlen spiegeln die in den Anträgen angegebenen Kontaktadressen der Antragstellenden wider. Die tatsächliche Zuordnung der Mittel kann u. a. durch Mehrfachzuordnungen, beispielsweise bei von Hochschulen und AUF gemeinsam berufenen Professuren, davon abweichen.

91 Die Mittel für die Programmpauschale werden der DFG von Bund und Ländern im Rahmen der zweiten Säule des Hochschulpakts als Sonderfinanzierung ergänzend zur institutionellen Förderung zur Verfügung gestellt. Vgl. o. V. (2014: Artikel 2).

92 Vgl. BMBF (2018a: 81 und 83) sowie https://www.fraunhofer.de/de/ueber-fraunhofer/profil-struktur.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

93 Vgl. BMBF (2018a: 75).

94 Zu den AUF gehören hier die Max-Planck-Gesellschaft, die Fraunhofer-Gesellschaft, die Helmholtz-Gemeinschaft, Institute der Wissensgemeinschaft Gottfried Wilhelm Leibniz, sofern diese nicht pauschal Mittel an die DFG abführen, deutsche Standorte international getragener Forschungseinrichtungen sowie mit diesen Organisationen assoziierte Forschungseinrichtungen, die aus öffentlichen Mitteln grundfinanziert werden. Vgl. DFG (2018c).

95 Die Kooperationspflicht ist erfüllt, wenn die Wissenschaftlerin bzw. der Wissenschaftler den Förderantrag gemeinsam mit einer bzw. einem Angehörigen einer deutschen Hochschule stellt und entweder die Federführung des Gemeinschaftsantrages eindeutig bei der bzw. dem Hochschulangehörigen liegt oder mindestens 50 Prozent der Bewilligungssumme auf die Hochschulangehörige bzw. den Hochschulangehörigen entfallen. Ausgenommen von der Kooperationspflicht sind befristet angestellte Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler sowie Anträge im Rahmen bestimmter Förderlinien. Dazu gehören Anträge im Rahmen einer Forschungsgruppe, eines Schwerpunktprogramms, im Förderbereich Wissenschaftliche Literatur- und Informationssysteme, zur Förderung einer internationalen Tagung, einer Nachwuchs- und Projektakademie und für ein Reinhart Koselleck-Projekt. Vgl. DFG (2018c).

96 Dieser Finanzierungsschlüssel bezieht sich auf die der DFG zur Verfügung gestellten Mittel ohne die Exzellenz-

initiative. Vgl. o. V. (2015: §3). Bezieht man die Exzellenzinitiative mit ein, liegt der Schlüssel bei 67,9 Prozent Bund zu 31,2 Prozent Länder. Rund 1,0 Prozent der Mittel stammt von sonstigen Geldgebern. Vgl. DFG (2017: 232). Der Länderanteil errechnet sich nach dem Königsteiner Schlüssel. Der durch die GWK festgelegte Königsteiner Schlüssel sieht vor, dass der auf die Länder entfallende Finanzierungsanteil zu zwei Dritteln nach dem Verhältnis der Steuereinnahmen und zu einem Drittel nach dem Verhältnis der Bevölkerungszahl der Länder aufgebracht wird. Vgl. o. V. (2015: §4).

97 Vgl. o. V. (2015: §3).

98 Mit dem Ziel, die internationale Wettbewerbsfähigkeit des deutschen Wissenschaftssystems zu stärken, haben Bund und Länder gemeinsam mit den vier AUF und der DFG im Jahr 2005 den PFI für 2006 bis 2010 geschlossen. Der PFI wurde im Jahr 2009 für den Zeitraum von 2011 bis 2015 und im Jahr 2014 für den Zeitraum 2016 bis 2020 fortgeschrieben. Vgl. GWK (2014).

99 Vgl. GWK (2014), GWK (2009a) sowie GWK (2005b).

100 Im Jahr 2006 wurden 190 Millionen Euro, in den Jahren 2007 bis 2010 je 380 Millionen Euro und im Jahr 2011 erneut 190 Millionen Euro bereitgestellt. Vgl. GWK (2005a: §2).

101 Im Jahr 2011 wurden 27,1 Millionen Euro, im Jahr 2012 215,1 Millionen Euro, im Jahr 2013 483,9 Millionen Euro, im Jahr 2014 502,6 Millionen Euro, im Jahr 2015 530 Millionen Euro, im Jahr 2016 525 Millionen Euro und im Jahr 2017 440 Millionen Euro bereitgestellt. Vgl. GWK (2009b: §2).

102 Die Bewilligungssumme ist ein statistisch gemittelter Betrag über die von der DFG entschiedenen Bewilligungen. Alle folgenden Analysen basieren auf entschiedenen Bewilligungen. Es handelt sich also nicht um tatsächlich abgerufene bzw. ausgezahlte Mittel. Vgl. DFG (2018a: 30ff.). Es gibt zwei Sichten auf Bewilligungsvolumina: zum einen Bewilligungen für neu eingerichtete Projekte, zum anderen die bei bereits bewilligten Projekten rechnerisch auf ein Jahr entfallenden Mittel. Der Bericht des Fraunhofer ISI basiert auf Auswertungen zu laufenden Vorhaben.

103 Das Gesamtbewilligungsvolumen der Einzelförderung ist beispielsweise von 684,5 Millionen Euro in 2008 auf 1.095,2 Millionen Euro in 2017 angestiegen. Das Fördervolumen für Sonderforschungsbereiche ist im selben Zeitraum von 537,5 Millionen Euro auf 716,9 Millionen Euro gestiegen. Relativ gab es auch Zuwächse bei den Forschungsgruppen, Schwerpunktprogrammen und Graduiertenkollegs – allerdings auf niedrigem Niveau. Vgl. Kroll (2019: 20).

104 In den Jahren 2008 bis 2010 gab es einen deutlichen jährlichen Zuwachs der Gesamtbewilligungssummen um jeweils knapp 9 Prozent. Dieser Zuwachs kann u. a. auf die Einführung der Programmpauschale in 2007 zurückgeführt werden. Zwischen 2010 und 2013 schwächte sich das Wachstum merklich ab bzw. die Bewilligungssumme sank in einzelnen Jahren sogar. Ab 2014 folgte ein kontinuierlicher Anstieg des Fördervolumens um jährlich zwischen 4 und 6 Prozent, der insbesondere auf erhebliche zusätzliche Mittelzuweisungen im Rahmen der Exzellenzinitiative zurückzuführen ist, die aktuell jedoch wieder rückläufig sind (vgl. Endnoten 100 und 101). Vgl. Kroll (2019: 3, 17 und 20).

105 Vgl. Kroll (2019: 17f.).

106 Die Instrumente der Einzelförderung dienen der Finanzierung thematisch und zeitlich begrenzter Forschungsvorhaben. Vgl. http://www.dfg.de/foerderung/programme/index.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019). Die Kategorie Einzelförderung umfasst sehr unterschiedliche Förderprogramme, z. B. Sachbeihilfen, Forschungsstipendien, Nachwuchsprogramme wie das Emmy Noether- oder Heisenberg-Programm, Reinhart Koselleck-Projekte sowie weitere kleinere Programme. Der größte Anteil der Mittel fließt hier in die Sachbeihilfe. Vgl. DFG (2018a: 32).

107 Zu den wichtigsten koordinierten Programmen gehören Sonderforschungsbereiche, d.h. langfristig angelegte Forschungseinrichtungen der Hochschulen, in denen Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Rahmen eines fächerübergreifenden Forschungsprojekts zusammenarbeiten, DFG-Forschungszentren, d. h. international sichtbare und innovative Forschungseinrichtungen an Hochschulen, Forschungsgruppen, d. h. enge Arbeitsbündnisse einiger exzellenter Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler, Graduiertenkollegs, d. h. Einrichtungen der Hochschulen zur Förderung des wissenschaftlichen Nachwuchses sowie Schwerpunktprogramme, die überregionale Kooperationen von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern fördern. Vgl. http://www.dfg.de/foerderung/programme/koordinierte_programme/index.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

108 Die Exzellenzinitiative soll sowohl die Spitzenforschung als auch die Anhebung der Qualität des Hochschul- und Wissenschaftsstandortes Deutschlands in der Breite fördern. Im Jahr 2016 haben Bund und Länder die Exzellenzstrategie als Weiterentwicklung der Exzellenzinitiative beschlossen. Die im Rahmen der Exzellenzstrategie bewilligten Vorhaben werden ab dem Jahr 2019 gefördert. Vgl. DFG (2018a: 32ff.).

109 Für eine detaillierte Übersicht und Beschreibung aller Förderinstrumente der DFG vgl. http://www.dfg.de/foerderung/programme/index.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

110 Vgl. Kroll (2019: 3 und 20).

111 Vgl. http://www.dfg.de/foerderung/programme/koordinierte_programme/index.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

112 http://www.dfg.de/foerderung/programme/koordinierte_programme/index.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

113 Vgl. Kroll (2019: 3 und 20).

114 Beispielsweise betrug die mittlere Bewilligungssumme an Sonderforschungsbereiche in ihrer Gesamtheit im Jahr 2017 10,9 Millionen Euro. Die mittlere Bewilligungssumme pro im Rahmen von Sonderforschungsbereichen gestelltem Teilprojekt betrug 500.000 Euro. Die durchschnittliche Bewilligungshöhe von Graduiertenkollegs lag bei 4,3 Millionen Euro. Bei Graduiertenkollegs gibt es bei der Antragstellung jedoch keine Strukturierung in Teilprojekte, sodass das Volumen der Gesamtfördersumme für einen Neuantrag eines Gradu-

iertenkollegs entspricht. Da die Struktur der geförderten Vorhaben sehr unterschiedlich ist, ist ein systematischer Vergleich der Programme bezüglich der durchschnittlichen Fördersumme nicht möglich. Seit 2008 blieben die durchschnittlichen Fördervolumina bei allen Förderlinien bis auf die Graduiertenkollegs nahezu unverändert; Graduiertenkollegs konnten eine Steigerung um 38,7 Prozent aufweisen. Vgl. Kroll (2019: 11).

115 Die Bewilligungsquote bezieht sich hier auf neu bewilligte Vorhaben. Vgl. Kroll (2019: 13f.). Der merkliche Rückgang der Bewilligungsquote im Bereich der Einzelförderung im Zeitraum von 2009 bis 2013 ist auf eine starke Zunahme der Anzahl der in den Programmen der Einzelförderung eingegangenen Neuanträge zurückzuführen. Vgl. DFG (2015: 3).

116 Vgl. Kroll (2019: 13). Da in der Kategorie Einzelförderung sehr unterschiedliche Förderprogramme zusammengefasst werden, kann die tatsächliche Laufzeit der Projekte in der Kategorie Einzelförderung große Spannbreiten aufweisen. Gemäß Informationen der DFG liegt die Regelförderdauer für Neuanträge bei Forschungsstipendien z.B. bei gut einem Jahr, im Emmy Noether-Programm aktuell bei fünf Jahren. Die Regelförderdauer für Neuanträge bei den Sachbeihilfen liegt bei drei Jahren. In der Regel können nach einem Neuantrag Fortsetzungsanträge gestellt werden. Laut der im Auftrag der Expertenkommission erstellten WIFO-Studie liegt der Anteil bei 14 Prozent. Vgl. Janger et al. (2019: 174). Diese werden laut DFG in der weit überwiegenden Zahl der Fälle bewilligt und verlängern die tatsächlichen Laufzeiten der Vorhaben. Bei den Sachbeihilfen ist die Zahl der möglichen Fortsetzungsanträge nicht limitiert, sodass im Rahmen sogenannter Langfristvorhaben auch Laufzeiten von zehn und mehr Jahren erreicht werden. Vgl. http://www.dfg.de/foerderung/programme/einzelfoerderung/sachbeihilfe/ (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

117 Vgl. http://www.dfg.de/foerderung/programme/koordinierte_programme/sfb/index.jsp und http://www.dfg.de/foerderung/programme/koordinierte_programme/graduiertenkollegs/index.html (letzter Abruf jeweils am 18. Januar 2019). Da bei Sonderforschungsbereichen beispielsweise eine Förderperiode vier Jahre umfasst und Verlängerungsanträge in den Daten nicht ausgewiesen werden, ist die statistische Gesamtdauer unbekannt.

118 Der Bericht des WIFO basiert auf Neubewilligungen.

119 Die Hochschulforschungsförderung wird hier anhand des HERD-Indikators der OECD (in nationaler Währung) gemessen. Dieser umfasst alle FuE-Ausgaben des Hochschulsektors. Der Anteil der DFG (18 Prozent) im Jahr 2016 war vergleichbar mit dem der Niederlande (18 Prozent) und dem der Schweiz (15 Prozent). Er war jedoch deutlich niedriger als der Anteil in Großbritannien (31 Prozent) und in den USA (47 Prozent). Vgl. Janger et al. (2019: 164).

120 2016 betrug das Fördervolumen der DFG pro Wissenschaftlerin bzw. Wissenschaftler im Hochschulwesen (in Vollzeitäquivalenten) 27.372 Euro; nur in Großbritannien war das Fördervolumen pro Wissenschaftlerin bzw. Wissenschaftler im Hochschulwesen (in Vollzeitäquivalenten) mit 18.035 Euro noch geringer; in der Schweiz war es mit 38.462 Euro am höchsten. Vgl. schriftliche Information des WIFO vom 11. Dezember 2018. Neben den universitären Hochschulen betreiben in Deutschland auch die Einrichtungen der Max-Planck-Gesellschaft Grundlagenforschung. Die Höhe der gemeinsamen Forschungsförderung durch Bund und Länder für die Max-Planck-Gesellschaft entspricht vom Volumen her etwa 80 Prozent der Förderung für die DFG. Vgl. BMBF (2018a: 75). Das Verhältnis von kompetitiver und Grundfinanzierung in der Grundlagenforschung verschiebt sich daher unter Berücksichtigung der Forschung an Max-Planck-Instituten noch stärker Richtung Grundfinanzierung. Im internationalen Vergleich hat Deutschland einen relativ großen Sektor an AUF, ähnliche Institutionen finden sich aber auch in einigen der Vergleichsländer. Vgl. beispielsweise van Dalen et al. (2014).

121 Niedriger liegen die USA und Großbritannien mit 3,4 Prozent bzw. 4,6 Prozent, an der Spitze liegt die Schweiz mit 11,1 Prozent. Vgl. schriftliche Information des WIFO vom 11. Dezember 2018.

122 Bei den Kategorien, bei denen keine Beispiele genannt sind, gibt es keine Förderlinien der DFG.

123 Die Exzellenzinitiative wird in der WIFO-Systematik als eine Förderlinie betrachtet und nicht in die drei Einzelinstrumente Graduiertenschulen, Exzellenzcluster und Zukunftskonzepte unterteilt. Als Einzelförderlinie hätten Graduiertenschulen auch der Kategorie Education and training zugeordnet werden können. Da sie aber im Rahmen der Sonderförderungen der Exzellenzinitiative verortet sind, wurden sie dieser zugeordnet. Allerdings wären die internationalen Befunde nicht systematisch verändert, wenn die Graduiertenschulen der Kategorie Education and training zugeordnet würden.

124 Vgl. Janger et al. (2019: 23f.). Im ersten Teil des Kapitels wurde die Originalklassifizierung der DFG verwendet, um bei der Beschreibung für Deutschland der eigenen Strukturierung der DFG gerecht zu werden. Die im zweiten Teil für den internationalen Vergleich eingeführte Klassifizierung muss dagegen den verschiedenartigen Strukturierungsmustern aller betrachteten Länder gerecht werden und fasst gleichzeitig stärker zusammen. Insofern stimmt die Klassifizierung bei der Detailbeschreibung für Deutschland nicht vollständig mit der im internationalen Vergleich verwendeten Klassifizierung überein, allerdings ist sie in weiten Teilen deckungsgleich. Für eine vollständige Einordnung der DFG-Instrumente sowie für die Zuordnung der Förderprogramme der anderen Länder in die international vergleichbaren Kategorien vgl. Janger et al. (2019).

125 Der Anteil der Förderung von Structural-priority-area-Programmen bei der DFG ist in den vergangenen Jahren (von 1997 bis 2017) deutlich gestiegen, beim BBSRC, ESRC und SNF ist er gesunken oder nur leicht gestiegen; beim MRC und NERC ist er ebenfalls deutlich gestiegen. Vgl. Janger et al. (2019: 167).

126 Im internationalen Kontext finden beispielsweise Breschi und Malerba (2011) einen positiven Effekt von EU-geförderten Kooperationsprojekten in den Informationswissenschaften, der jedoch mit steigender Anzahl beteiligter Forscherinnen und Forscher abnehmende Grenz-

erträge aufweist; Ida und Fukuzawa (2013) finden je nach Forschungsfeld unterschiedliche Effekte auf die Quantität und die Qualität der Forschungsergebnisse von Exzellenzzentren in Japan; Rogers et al. (2012) finden für die USA positive Effekte auf die Qualität der Forschungsergebnisse durch Forschungszentren im Bereich Nanotechnologie.

127 Ergebnis nach der vom WIFO erstellten Systematik für den internationalen Vergleich. Bei der WIFO-Systematik werden die Fachgebiete Biologie sowie Agrar-, Forstwissenschaften und Tiermedizin den Naturwissenschaften zugeordnet, während sie bei der DFG den Lebenswissenschaften zugeordnet werden. Nach der Systematik der DFG entfällt der größte Anteil der DFG-Bewilligungen auf Vorhaben, die den Lebenswissenschaften zugeordnet sind. Vgl. Janger et al. (2019: 26 und 169) und DFG (2017: 179).

128 Vgl. Janger et al. (2019: 169).

129 Vgl. Janger et al. (2019: 170). Allerdings ist zu berücksichtigen, dass neu bewilligte Projekte in Deutschland, Großbritannien (EPSRC), den USA und ausnahmsweise auch in der Schweiz mit Fortsetzungsanträgen verlängert werden können (bei der NSF in den USA ist nur ein Fortsetzungsantrag möglich). Fortsetzungsanträge sind jedoch in den vorliegenden Daten zum Teil nicht identifizierbar. Bei den NIH und bei der DFG ist der Anteil der Fortsetzungsanträge mit 27 Prozent bzw. 14 Prozent am höchsten und die Bewilligungsquote der Fortsetzungsanträge ist im Vergleich zu der Bewilligungsquote von Neuanträgen höher. Der Anteil von Fortsetzungsanträgen beim SNF beträgt 1,7 Prozent. Entsprechende Daten für die NSF und UKRI liegen nicht vor. Vgl. Janger et al. (2019: 174).

130 Ein Vergleich zweier US-amerikanischer Förderorganisationen (Howard Hughes Medical Institute und NIH) im Bereich der Lebenswissenschaften deutet darauf hin, dass sich insbesondere eine längere Förderdauer positiv auf die Qualität des Forschungsergebnisses auswirkt. Vgl. Azoulay et al. (2011). Ähnliche Befunde zeigen auch Heinze et al. (2009) sowie Carayol und Lanoë (2017). Ähnliche Effekte lassen sich bei einem Instrument der Personenförderung in Deutschland, dem Gottfried Wilhelm Leibniz-Preis, nachweisen. Wilhelm (2018) zeigt, dass eine Erhöhung der Förderdauer (sowie der Förderhöhe) zu einer Erhöhung der Qualität, d. h. der Publikationen in hochrangigen wissenschaftlichen Zeitschriften bei gleichzeitig geringerer Gesamtzahl an Publikationen, führt. Vgl. Wilhelm (2018). Das heißt mit einer längeren Förderdauer wird die Qualität statt der Quantität erhöht.

131 Während Aghion et al. (2010), Payne und Siow (2003) sowie Whalley und Hicks (2014) positive Effekte einer Erhöhung der Fördersumme auf die Quantität von Forschungsergebnissen finden, finden Fortin und Currie (2013) einen höheren Forschungsertrag durch die Förderung mehrerer kleiner Projekte im Gegensatz zu wenigen größeren Projekten. Im Hinblick auf den Effekt einer Erhöhung der Fördersumme auf die Qualität von Forschungsergebnissen zeigen Payne und Siow (2003) sowie Whalley und Hicks (2014) keine Effekte. Eine Vielzahl von Faktoren kann dabei die Effektrichtung beeinflussen. Beispielsweise kann es eine Rolle spielen, inwiefern die zusätzlichen Mittel zweckgebunden sind oder die Empfängerinnen und Empfänger frei über sie verfügen können. Mehr Freiräume in der Mittelverwendung können sich positiv auf die Forschungsergebnisse auswirken. Vgl. Aghion et al. (2010) und Azoulay et al. (2011). Aus theoretischer Sicht könnten sich negative Effekte einstellen, wenn eine Erhöhung der Fördersummen mit einer Reduktion der Annahmequote einhergeht und dadurch Forschende mit risikoreicheren Projekten auf eine Antragstellung verzichten und somit auch nicht gefördert werden. Vgl. Lazear (1997). Zudem können die Effekte auch disziplinenspezifisch sein, z. B. beziehen sich Fortin und Currie (2013) auf Projekte in den Natur- und Ingenieurwissenschaften.

132 Vgl. im Folgenden Kroll et al. (2019). Publikationen mit Förderverweis (PFöV) entsprechen den dort verwendeten Research Council Acknowledging Publications (RCAP). Für Großbritannien wurden bei den PFöV alle Publikationen berücksichtigt, die mindestens durch eine der betrachteten sieben britischen Forschungsförderorganisationen (AHRC, BBSRC, EPSRC, ESRC, MRC, NERC, STFC) gefördert wurden. Für die USA wurden bei den PFöV alle Publikationen berücksichtigt, die mindestens durch die NIH oder die NSF gefördert wurden.

133 Unterschiede in Bezug auf Publikationen in verschiedenen Disziplinen und Journalen gibt es, sie sind aber eher nicht länderspezifisch. Vgl. Kroll et al. (2019: 2).

134 Der CI ist definiert als die disziplinenspezifische Anzahl der Zitationen aller Publikationen eines Landes, dividiert durch die erwartete disziplinenspezifische Anzahl an Zitationen aller Publikationen eines Landes. Die erwartete disziplinenspezifische Anzahl an Zitationen einer Publikation ist die durchschnittliche Anzahl an Zitationen aller weltweiten Publikationen des gleichen Dokumententyps, die in derselben Disziplin und im selben Jahr veröffentlicht wurden. Vgl. Waltman et al. (2011).

135 Vgl. Janger et al. (2019: 175f.).

136 Für alle Länder ist der Anteil an PFöV in den Natur- und Ingenieurwissenschaften am höchsten und in den Geistes- und Sozialwissenschaften am geringsten. Vgl. Kroll et al. (2019: 5ff.). Dies deutet auf international vergleichbare fächerspezifische Förder- und Publikationsstrukturen hin.

137 Der relative Anteil der PFöV an der Gesamtheit der Publikationen in den jeweiligen Ländern ist im betrachteten Zeitraum weitgehend konstant geblieben. Vgl. Kroll et al. (2019: 5f.).

138 Die PFöV in der Schweiz sind im selben Zeitraum um 70 Prozent, die PFöV in den Niederlanden um 59 Prozent und diejenigen in Großbritannien um 53 Prozent gestiegen. Nur in den USA war das relative Wachstum von 2010 bis 2017 mit 23 Prozent noch geringer als in Deutschland. Vgl. Kroll et al. (2019: 5).

139 Ausnahmen hiervon bilden die USA über den gesamten betrachteten Zeitraum von 2010 bis 2017 und Großbritannien von 2010 bis 2013. Für Deutschland ist der Anteil der PFöV und der Anteil an allen Publikationen, der in Ko-Autorenschaft verfasst wurde, von 2010 bis 2012 nahezu identisch. Ab 2013 sind die Abweichungen recht gering. Vgl. Kroll et al. (2019: 12f.).

140 Einzige Ausnahme hiervon bilden die Niederlande, wo PFöV zumindest in einzelnen Jahren (2014, 2016, 2017) in gleicher Häufigkeit mit niederländischen

Ko-Autorinnen und Ko-Autoren verfasst wurden wie die Gesamtheit der Publikationen, in einzelnen Jahren (2010 bis 2013) aber auch seltener. Vgl. Kroll et al. (2019: 15f.).

141 Einzige Ausnahme hiervon bilden erneut die Niederlande, wo zumindest in einzelnen Jahren (2010 bis 2012) internationale Ko-Autorenschaften unter PFöV häufiger vorkamen als unter den nicht geförderten Projekten und nationale Ko-Autorenschaften unter den PFöV seltener waren. Vgl. Kroll et al. (2019: 13f.).

142 Vgl. Kroll et al. (2019: 14). Möglicherweise werden internationale Kollaborationsprojekte eher von länderübergreifenden Förderorganisationen gefördert.

143 Vgl. im Folgenden Kroll et al. (2019: 16ff.).

144 Die Werte für die Jahre 2010 bis 2014 sind ähnlich.

145 Laut OECD lag die Exzellenzrate 2015 für alle hier betrachteten Länder etwas niedriger, die Rangfolge ist aber weitgehend gleich (außer dass im OECD-Länder-Vergleich die USA vor Großbritannien liegen). Die OECD-Exzellenzrate für die Gesamtheit der Publikationen in Deutschland betrug im Jahr 2015 12,1 Prozent. Damit lag Deutschland im OECD-Länder-Vergleich auf dem 11. Platz. Die Schweiz hatte im Jahr 2015 laut OECD mit 15,3 Prozent die höchste Exzellenzrate, gefolgt von den Niederlanden mit einer Exzellenzrate von 14,8 Prozent. Die USA und Großbritannien befanden sich mit einer Exzellenzrate von 13,9 Prozent bzw. 13,6 Prozent im OECD-Länder-Vergleich auf dem 5. und 6. Platz. Vgl. OECD (2017: 122).

146 Die Gesamtzahl der Publikationen relativ zur Anzahl der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Hochschulsektor (in Vollzeitäquivalenten) betrug im Jahr 2015 1,87 für die Niederlande, 1,45 für die Schweiz, 1,07 für Deutschland und war mit 0,75 Publikationen pro Wissenschaftlerin bzw. Wissenschaftler im Hochschulsektor (in Vollzeitäquivalenten) in Großbritannien am niedrigsten. Für die USA sind die Daten zur Anzahl der Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler im Hochschulsektor nicht verfügbar. Eigene Berechnungen basierend auf https://stats.oecd.org/Index.aspx?DataSetCode=MSTI_PUB (letzter Abruf am 18. Januar 2019) und Kroll et al. (2019: 21).

147 Die positive Abweichung der Exzellenzrate der PFöV von der Exzellenzrate der Gesamtpublikationen des jeweiligen Landes war von 2010 bis 2014 relativ stabil. Seit 2014 lässt sich eine leichte Abnahme der Differenz beobachten. Vgl. Kroll et al. (2019: 17).

148 Vgl. im Folgenden Schmoch et al. (2016).

149 Möller et al. (2016) finden positive Effekte der Exzellenzinitiative auf Zitationsraten, die für AUF größer ausfallen als für Universitäten. Aufgrund des kurzen Zeithorizonts sind diese Ergebnisse jedoch nicht als abschließend zu bewerten.

150 Im Zeitverlauf zeigt sich, dass der CI der PFöV und der CI der Gesamtpublikationen, insbesondere in Deutschland, den Niederlanden und der Schweiz, zu konvergieren scheinen. Vgl. Kroll et al. (2019: 18f.).

151 Vgl. EFI (2013: Kapitel A 6), EFI (2014: Kapitel A 2) und EFI (2017: Kapitel B 5-3).

152 Die DFG selbst veröffentlicht regelmäßig deskriptive Berichte, die einen Überblick über verschiedenartige Kennzahlen der Förderprogramme bieten (z. B. demografische Merkmale der Geförderten, geförderte Disziplinen, Personal in geförderten Projekten), die aber explizit keinen evaluativen Zielsetzungen dienen. Außerdem gibt es vereinzelte Evaluationsstudien, die auch auf prozessproduzierten Daten der DFG beruhen. Diese unabhängigen Evaluationen sind zum Teil eher deskriptiv, zum Teil kommt aber auch ein ausdifferenzierter Methodenmix zum Einsatz, um Ursachen-Wirkungs-Beziehungen zu ermitteln, z. B. Möller (2016) und Sirtes (2013). Dabei werden auch Fördereffekte in den Blick genommen und unterschiedlichen Eingangsparametern zugeordnet. In diesem Kontext ist die jüngst erschienene Evaluation der ersten Förderperiode der Exzellenzinitiative positiv zu erwähnen; sie findet im Gegensatz zu vorhergehenden Evaluationen vor allem starke Ankündigungseffekte. Das heißt, die positiven Effekte der Exzellenzinitiative sind auf die Ankündigung dieser und auf die damit verbundenen Anstrengungen der Universitäten, eine Förderung zu erhalten, zurückzuführen. Die Effekte resultieren nicht aus dem tatsächlichen Erhalt der Fördermittel, da sie sich schon zeitlich vorher einstellen. Vgl. Menter et al. (2018).

153 Vgl. CDU, CSU, SPD (2018: 32).

B 1

154 Vgl. hierzu und im Folgenden EFI (2009: 93) und EFI (2012: 76).

155 Vgl. Bersch und Gottschalk (2019: 9 und 11).

156 Vgl. Berger et al. (2019: 23ff.).

157 Während dort zwischen 1988 und 2006 die Zahl der Unternehmensgründungen im Verhältnis zum BIP um insgesamt 40 Prozent fiel, zeigten Start-up-bezogene Indikatoren wie die Zahl erfolgreicher Initial Public Offerings (IPOs) einer Gründerkohorte im Verhältnis zum BIP zunächst einen positiven, dann einen negativen Trend. Guzman und Stern (2017) entwickelten einen Indikator, der Unterschiede in der Qualität der Gründungen zwischen Regionen und über die Zeit abbildet.

158 Der Deutsche Startup Monitor (DSM) ordnet die im Rahmen seiner Befragung erfassten Start- ups Bundesländern und Regionen zu. Im DSM 2018 hatten 19 Prozent der erfassten Start-ups ihren Hauptsitz in Nordrhein-Westfalen, 15,8 Prozent in Berlin, 12,6 Prozent in Baden- Württemberg und 12,3 Prozent in Bayern. Die Anteile aller anderen Bundesländer lagen bei unter 10 Prozent. Bei der regionalen Gliederung wurden im DSM Gründungsregionen zusammengefasst. Auf die Gründungsregion Berlin entfielen 15,8 Prozent der Gründungen, auf die Metropolregion Rhein-Ruhr 11,2 Prozent, auf Hamburg 7,2 Prozent, auf Stuttgart/Karlsruhe 6,1 Prozent und auf München 5,9 Prozent. Vgl. zum DSM KPMG AG (2018: 22f.).

159 In den USA ist die räumliche Konzentration der Wagniskapitalinvestititionen noch stärker ausgeprägt als in Deutschland: 80 Prozent der gesamten Investionen entfallen auf Start-ups in den Bundesstaaten Kalifornien, Massachusetts und New York. Vgl. https://nvca.org/blog/8-takeaways-8-graphics-historic-2018-venture-capital/ (letzter Abruf am 18. Januar 2019). In Großbritannien dominiert die Region London. Vgl. BVCA (2018).

160 Die höhere Innovativität in späteren Entwicklungsphasen ist auf die ausgeprägten Kooperationsaktivitäten der Gründungen zurückzuführen. Vgl. Lejpras (2014) und Stephan (2014).

161 77 Prozent der Gründungen aus der Wissenschaft und 15 Prozent der jungen Unternehmen insgesamt betreiben FuE. In der Hightech-Industrie betreiben 57 Prozent der jungen Unternehmen FuE. 53 Prozent der Gründungen aus der Wissenschaft und 12 Prozent der jungen Unternehmen insgesamt bringen Produktinnovationen hervor, die neu für den Markt sind. In der Hightech-Industrie beträgt der Anteil junger Unternehmen mit Marktneuheiten 31 Prozent. Die Daten zu Gründungen aus der Wissenschaft beziehen sich auf die Gründungskohorten 2013 bis 2015. Die Zahlen zu den jungen Unternehmen insgesamt sowie die Werte für die jungen Unternehmen aus der Hightech-Industrie beziehen sich auf das Jahr 2016. Gründungen aus der Wissenschaft werden in der ZEW-Studie als Spinoff-Gründungen bezeichnet. Vgl. Berger et al. (2019: 7, 10f. und 13f.).

162 Fast jede fünfte europäische Universität bzw. AUF bietet ein Inkubator-Programm an. Vgl. Zinke et al. (2018: 135). Zu den Gründungsaktivitäten der Hochschulen vgl. Frank und Schröder (2018). Zu den Gründungsaktivitäten der AUF vgl. GWK (2018a).

163 Ergebnissen der ZEW-Studie zufolge gab es im Zeitraum 2013 bis 2015 im Durchschnitt rund 1.270 Gründungen pro Jahr aus der Wissenschaft. Dies entspricht einem Anteil von 11 Prozent an allen Gründungen in der Hightech-Branche. Vgl. Berger et al. (2019: 6f.). Die Hightech-Branche umfasst die Branchen der Spitzentechnologie und der hochwertigen Technologie.

164 Vgl. EFI (2017: 20).

165 Vgl. GWK (2018a: 64).

166 Die Zahl der Gründungen aus der Fraunhofer Gesellschaft heraus schwankte in den Jahren 2007 bis 2015 zwischen 18 und 24, aus der ETH Zürich zwischen 21 und 25, aus der Stanford University zwischen 11 und 25 und aus der Helmholtz-Gemeinschaft zwischen 13 und 21. Vgl. Deutscher Bundestag (2018a: 3) und die dort angegebenen Quellen.

167 Der Pakt für Forschung und Innovation III wurde im Jahr 2014 für den Zeitraum von 2016 bis 2020 fortgeschrieben. Vgl. hierzu und im Folgenden GWK (2014).

168 Vgl. GWK (2018a: 111f.).

169 Es handelt sich um Lizenz-, Options- und Übertragungsverträge für alle Formen geistigen Eigentums (z. B. Patente). Mit den Verträgen wurden Dritten isoliert Rechte daran eingeräumt und/oder übertragen. Verwertungsvereinbarungen zu gemeinschaftlichen Erfindungen sind nicht enthalten. Vgl. GWK (2018a: 111).

170 Dies liegt u.a. daran, dass Gründungen aus den AUF im Gegensatz zu Gründungen aus Hochschulen deutlich stärker technologiegetrieben sind. Vgl. GWK (2018a: 15f.).

171 Hierbei muss berücksichtigt werden, dass die befragten Hochschulen nicht alle Gründungen erfassen und dass an der Befragung zum Gründungsradar 191 der insgesamt 394 Hochschulen in Deutschland teilgenommen haben. Vgl. Frank und Schröder (2018: 2 und 10).

172 Vgl. Frank und Schröder (2018: 33).

173 Bei der Darstellung der zeitlichen Entwicklung der erfassten Gründungen wurden nur Angaben von Hochschulen berücksichtigt, die in beiden Vergleichsjahren an der Befragung teilgenommen haben (72 Hochschulen). Vgl. Frank und Schröder (2018: 5).

174 Die Gründungsförderung, insbesondere ihre strukturelle und institutionelle Verankerung an den Hochschulen, hat sich seit 2012 an den meisten Hochschulen deutlich verbessert. Auch in Bezug auf die Gründungssensibilisierung sowie bei der Unterstützung von Gründungsvorhaben konnten sich die Hochschulen gegenüber 2012 verbessern. Dabei nehmen EXIST-geförderte Hochschulen häufig Spitzenpositionen ein. Vgl. Frank und Schröder (2018: 2ff., 13 und 20).

175 Die Vorhaben der zweiten Wettbewerbsrunde von EXIST IV sind im April 2018 ausgelaufen. Vgl. Kulicke (2015: 6).

176 Während fast alle am Gründungsradar teilnehmenden großen und mittleren Hochschulen angaben, dass sie Gründungen fördern, spielt Gründungsförderung bei kleineren Hochschulen nach wie vor nur eine untergeordnete Rolle. Vgl. Frank und Schröder (2018: 9).

177 Ein Projekt wird im Grundsatz mit zwei Millionen Euro für maximal vier Jahre gefördert. Vgl. Bundesanzeiger (2018).

178 Vgl. im Folgenden https://www.exist.de/DE/Programm/Ueber-Exist/inhalt.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

179 Vgl. im Einzelnen https://www.exist.de/DE/Programm/Ueber-Exist/Exist-Rueckblick/inhalt.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019) und Kulicke (2017a: 2).

180 Vgl. Kulicke (2018: III), Kulicke (2017b: 64), Kulicke (2017a: 36) sowie Frank und Schröder (2018: 3).

181 Vgl. https://www.land.nrw/de/pressemitteilung/landesregierung-gibt-150-millionen-euro-fuer-foerderprogramm-exzellenz-start (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

182 Vgl. Böhm et al. (2019: 68).

183 Vgl. Egeln et al. (2002: 62).

184 Vgl. hierzu und im Folgenden https://www.unr.edu/enterprise/docs/license, https://research.umbc.edu/office-of-technology-development/licensing-of-umbc-inventions/express-license-2/, https://otm.wustl.edu/for-inventors/quick-start-license/ sowie https://ctl.cornell.edu/technology/ricochet/ (letzter Abruf jeweils am 18. Januar 2019).

185 Das BMBF hat bereits geplant, Standards für die Vergütung zwischen Transferorganisationen und Gründenden zu etablieren. Vgl. BMBF (2017: 12).

186 Vgl. Böhm et al. (2019: 115).

187 Insbesondere Start-ups, die ihr Geschäftsmodell gerade entwickeln, werden als Trendscouts wahrgenommen. Vgl. hierzu und im Folgenden Böhm et al. (2019: 57f.).

188 Vgl. Böhm et al. (2019: 61).

189 Vgl. https://www.vc-magazin.de/wp-content/uploads/sites/10/_EPAPER_/epaper-Corporate-und-Start-Ups-2018/#0 (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

190 Diese Frage haben 237 der 248 befragten Unternehmen beantwortet. Vgl. Löher et al. (2018: 6).

191 Vgl. Zinke et al. (2018: 60) und https://www.vc-magazin.de/wp-content/uploads/sites/10/_EPAPER_/epaper-Corporate-und-Start-Ups-2018/#0 (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

192 Vgl. hierzu und im Folgenden Böhm et al. (2019: 48ff.). Die IfM-Studie kommt zu ähnlichen Ergebnissen: 54 Prozent der befragten Familienunternehmen beabsichtigen, Technologien zu erschließen, 51 Prozent möchten die Digitalisierung gestalten und 50 Prozent beabsichtigen, die Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen voranzutreiben. Knapp jedes dritte Unternehmen verfolgt das Ziel, einen Zugang zu neuen Märkten (29,4 Prozent) zu finden, und ca. jedes vierte Unternehmen sucht einen Zugang zu talentierten Fachkräften (26,2 Prozent). Vgl. Löher et al. (2018: 10). Eine Befragung zu Start-up-Kooperationen von DAX-Unternehmen zeigt, dass börsennotierte Unternehmen besonders an Start-ups mit innovativen, vom Thema Digitalisierung abhängigen Geschäftsmodellen interessiert sind. Vgl. Kawohl et al. (2018: 4).

193 Vgl. im Folgenden Böhm et al. (2019: 50ff.).

194 Vgl. hierzu und im Folgenden Böhm et al. (2019: 61), Löher et al. (2018: 14 und 18) sowie Wallisch und Hemeda (2018: 11).

195 Kooperationen von KMU und Start-ups haben im Hinblick auf Innovation und Digitalisierung großes Potenzial. Einer Befragung von KMU zufolge haben nur 38 Prozent der KMU schon einmal mit einem Start-up zusammengearbeitet. Gleichzeitig sind 70 Prozent der befragten KMU an einer Kooperation mit Start-ups interessiert. Insbesondere seitens sehr erfolgversprechender Hardware-Start-ups besteht zunehmend Interesse an einer Zusammenarbeit mit mittelständischen Unternehmen. Die Vorteile werden in einer Zusammenarbeit auf Augenhöhe sowie einer geringeren Gefahr von Einmischung und Inkorporation gesehen. Vgl. Zinke et al. (2018: 132) und Wallisch und Hemeda (2018: 6 und 16). 21 Prozent von 252 befragten IT-Start-ups wünschen sich eine Förderung von Kooperationen mit etablierten Unternehmen. Vgl. BITKOM (2017: 31).

196 Vgl. Zinke et al. (2018: 38f.) und BMWi (2018a: 11).

197 Vgl. im Folgenden https://finder.startupnationcentral.org/ (letzter Abruf am 18. Januar 2019) und Zinke et al. (2018: 140).

198 Ein Ausbau der im April 2018 gestarteten zentralen Gründerplattform von BMWi und KfW ist im 10-Punkte-Plan des BMWi angedacht. Vgl. BMWi (2018a: 5). Die Zielsetzung dieser Gründerplattform ist jedoch eine andere als die Zielsetzung der israelischen Online-Plattform.

199 Vgl. Veugelers und Cassiman (1999) in Bersch et al. (2016).

200 Eine Ausnahme hiervon bilden Beteiligungsunternehmen. Vgl. Bersch et al. (2016: 51ff.).

201 Die Wahrscheinlichkeit einer Akquisition von Start-ups steigt mit der Größe und der Diversifikation des Angebots etablierter Unternehmen. Aufgekauft werden eher junge Start-ups. Bei deren Aufkauf ist das Risiko des Scheiterns, insbesondere bei radikalen Innovationen, höher. Gleichzeitig ist die Möglichkeit für etablierte Unternehmen größer, auf die Entwicklung des Produkts, der Dienstleistung oder des Geschäftsmodells des Start-ups Einfluss zu nehmen. Vgl. Bersch et al. (2016: 51ff.). 7 Prozent der befragten großen Familienunternehmen in Deutschland gaben an, dass sie im Jahr 2018 Start-ups akquiriert haben. Diese Frage haben 113 Unternehmen beantwortet. Vgl. Löher et al. (2018: 8).

202 Vgl. Schweitzer et al. (2018: 122) und Wu (2018: 121ff.). Cunningham et al. (2018) zeigen, dass in manchen Fällen etablierte Pharmaunternehmen potenzielle Wettbewerberinnen und Wettbewerber aufkaufen, um zukünftigen Wettbewerb zu unterbinden. Insbesondere zeigen sie, dass diejenigen Start-ups aufgekauft werden, die innovative Produkte in einem Bereich in ihrer Entwicklungspipeline haben, in denen das etablierte Pharmaunternehmen ein profitables Medikament hat. Dieses Entwicklungsprojekt wird oftmals nach dem Aufkauf eingestellt. Die Autorin und Autoren zeigen, dass, wenn das etablierte Unternehmen schon ein Produkt im betreffenden Markt hat, gekaufte Entwicklungsprojekte mit einer 40 Prozent geringeren Wahrscheinlichkeit auf den Markt gebracht werden als vergleichbare Projekte, die nicht gekauft werden. Dadurch kann zukünftiger Wettbewerb zwischen dem Medikament in der Entwicklungsphase und dem sich auf dem Markt befindenden Medikament verhindert werden. Da der Monopolgewinn des etablierten Unternehmens höher als die Summe der möglichen Gewinne der beiden Unternehmen im Wettbewerbsfall ist, existiert oftmals ein Kaufpreis, der für das etablierte Unternehmen und die Gründenden interessant ist.

203 Vgl. Schweitzer et al. (2018: 123f.).

204 Eine Bankenfinanzierung kommt für Start-ups aufgrund unzureichender Sicherheiten in der frühen Phase in der Regel nicht in Frage. Vgl. EFI (2012: 85).

205 Vgl. hierzu und im Folgenden Böhm et al. (2019: 9f.) und die dort angegebene Literatur.

206 Zu den Business-Angel-Beteiligungen werden auch Beteiligungen von Business-Angel-Fonds gezählt. Dabei handelt es sich um Vermögensmassen, die im Namen eines oder mehrerer Business Angels verwaltet werden und direkte Wagniskapitalinvestitionen eingehen. Anders als bei Wagniskapitalfonds sind hier die Geldgebenden selbst in ihren Portfoliounternehmen aktiv und bieten ihnen über ihr finanzielles Engagement hinaus weitere Unterstützungsleistungen an. Vgl. hierzu Bersch et al. (2018: 44).

207 Vgl. BAND (o. J.) und BVK (2018).

208 Vgl. hierzu auch Egeln und Gottschalk (2014).

209 Dies ist verbunden mit dem Aufkommen großer Finanzierungsrunden. Ein Beispiel für das Aufkommen sehr großer Finanzierungsrunden unter Beteiligung ausländischer Investoren ist das Unternehmen Delivery Hero. Bis zu seinem Börsengang im Juni 2017 hatte das Unternehmen über eine Milliarde Euro von Investoren erhalten. Kurz zuvor kaufte der südafrikanische Medienkonzern Naspers 10 Prozent der Unternehmensanteile für 387 Millionen Euro. Vgl. Bersch et al. (2018: 44).

210 Vgl. Woodward (2019).

211 Vgl. Deutscher Bundestag (2018c: 9) und Zinke et al. (2018: 35).

212 Vgl. hierzu und im Folgenden EFI (2012: 88) und EFI (2017: Kapitel B 4-2).

213 Vgl. hierzu und im Folgenden Deutscher Bundestag (2018c: 3).

214 Dies zeigt etwa der Vergleich mit den USA. Vgl. BAND (o. J.).

215 Vgl EFI (2017: 85 und 87).

216 Vgl. https://www.kfw.de/KfW-Konzern/Newsroom/Aktuelles/Pressemitteilungen-Details_490496.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

217 Vgl. hierzu und im Folgenden https://www.danskvaekstkapital.dk/dvk1/en/ (letzter Abruf am 18. Januar 2019) und Präsentationsunterlagen von Vækstfonden.

218 Vgl. Deutscher Bundestag (2018b).

219 Der Bundesverband Deutscher Kapitalbeteiligungsgesellschaften (BVK), die Internet Economy Foundation (IE.F) und die Roland Berger GmbH sprechen sich dafür aus, einen „Zukunftsfonds Deutschland“ einzurichten, der Elemente des dänischen Modells aufgreift. Vgl. BVK; IE.F; Roland Berger GmbH (2018: 33ff.).

220 Vgl. https://www.bundesregierung.de/breg-de/aktuelles/verlustverrechnung-neu-geregelt- 346602 (letzter Abruf am 18. Januar 2019), EFI (2017: 85f.).

221 Vgl. hierzu und im Folgenden EFI (2017: 86). Vgl. zur Umsatzsteuerpflicht von Verwaltungsleitungen der Fondsmanagerinnen und -managern in unterschiedlichen Ländern Invest Europe (2018).

222 Weitere Exit-Kanäle sind der Verkauf an eine andere Beteiligungsgesellschaft oder der Rückkauf der Unternehmensanteile durch die Unternehmensgründerinnen und -gründer.

223 Vgl. Deutscher Bundestag (2018c: 9) und Zinke et al. (2018: 35).

224 Vgl. EFI (2017: 86).

225 Stand Dezember 2018. Vgl. http://www.venture-network.com/dbvn-de/ueber-uns (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

226 Vgl. http://www.deutsche-boerse-cash-market.com/dbcm-de/primary-market/marktstruktur/segmente/scale?frag=1217334 (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

227 Vgl. http://www.faz.net/aktuell/finanzen/finanzmarkt/startups-fit-fuers-parkett-machen-boersenplaetze-buhlen-um-tech-unternehmen-15806386.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

228 Vgl. https://high-tech-gruenderfonds.de/de/boersendebuet-beim-high-tech-gruenderfonds-nfon-meistert-als-erstes-htgf-portfolio-startup-den-sprung-an-die-boerse-htgf-war-2008-der-erste-investor-des-cloud-telefonie-anbieters-und-haelt-auch-nach/ (letzter Abruf am 18. Januar 2019) und KfW (2018: 1).

229 Die Zuordnung der Programme der Bundesregierung im Bereich Wagniskapital zur Gründungs- und Wachstumsfinanzierung erfolgt gemäß BMWi (2018e).

230 Vgl. hierzu und im Folgenden https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Mittelstand/gruendungsfinanzierung-high-tech-gruenderfonds.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

231 Neben dem Bund (ERP-SV) und KfW Capital sind am HTGF I sechs und am HTGF II 18 private Unternehmen als Investoren beteiligt. Vgl. Deutscher Bundestag (2017: 3 und 79ff). Bis zur Aufnahme des operativen Geschäfts von KfW Capital im Oktober 2018 war die KfW beteiligt.

232 Vgl. https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Mittelstand/gruendungsfinanzierung-high-tech-gruenderfonds.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

233 Bis zur Aufnahme des operativen Geschäfts von KfW Capital im Oktober 2018 gehörte die KfW zu den Investoren.

234 Vgl. https://high-tech-gruenderfonds.de/de/high-tech-gruenderfonds-htgf-iii-gibt-startschuss-fuer-investments/ und https://high-tech-gruenderfonds.de/de/high-tech-gruenderfonds-iii-second-closing-uebertrifft-mit-3165-millionen-euro-alle-erwartungen/ (letzter Abruf jeweils am 18. Januar 2019).

235 Vgl. https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Mittelstand/gruendungsfinanzierung-high-tech-gruenderfonds.html sowie http://www.foerderdatenbank.de/Foerder-DB/Navigation/Foerderrecherche/suche.html?get=fec915f01ec81055c2f3bbfae82e4704;views;document&doc=9241 (letzter Abruf jeweils am 18. Januar 2019).

236 Vgl. hierzu und im Folgenden Deutscher Bundestag (2017: 3) sowie http://www.foerderdatenbank.de/Foerder-DB/Navigation/Foerderrecherche/suche.html?get=0a16e8775474cbaf28ab3c848ac0ede3;views;document&doc=12046 und http://www.bafa.de/DE/Wirtschafts_Mittelstandsfoerderung/Beratung_Finanzierung/Invest/invest_node.html (letzter Abruf jeweils am 18. Januar 2019).

237 Durch den Fonds sollen insbesondere Unternehmen unterstützt werden, die ausbilden, aus der Arbeitslosigkeit gegründet wurden oder von Frauen bzw. von Menschen mit Migrationshintergrund geführt werden. Zudem richtet sich der Fonds an gewerblich orientierte Sozialunternehmen und umweltorientierte Unternehmen. Vgl. Deutscher Bundestag (2017: 3) sowie http://www.foerderdatenbank.de/Foerder-DB/Navigation/Foerderrecherche/suche.html?get=0a16e8775474cbaf28ab3c848ac0ede3;views;document&doc=12046, https://www.mikromezzaninfonds-deutschland.de/start.html und https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Mittelstand/unternehmensfinanzierung-mikromezzaninfonds.html (letzter Abruf jeweils am 18. Januar 2019).

238 Vgl. hierzu und im Folgenden Deutscher Bundestag (2017: 3) sowie http://www.foerderdatenbank.de/Foerder-DB/Navigation/Foerderrecherche/suche.html?get=0a16e8775474cbaf28ab3c848ac0ede3;vie ws;document&doc=12046 (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

239 Vgl. hierzu und im Folgenden http://www.foerderdatenbank.de/Foerder- DB/Navigation/Foerderrecherche/suche.html?get=a6fcab7b58c1e583dfb791880cc0e3b0;views;document&doc=12947&typ=KU und https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Mittelstand/innovationsfinanzierung-coparion.html (letzter Abruf jeweils am 18. Januar 2019). Bis zur Aufnahme des operativen Geschäfts von KfW Capital im Oktober 2018 war die KfW als Investor tätig.

240 Vgl. BMWi (2018g).

241 Vgl. https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2018/20180312-eu-investiert-in-deutschen-venture-capital-markt.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

242 Der ERP/EIF-Dachfonds engagiert sich zum einen in Frühphasenfonds mit Verbindungen zu öffentlichen und privaten Forschungszentren und -einrichtungen. Zum anderen investiert er in Fonds, die Anschlussfinanzie-

rungen für Technologieunternehmen in Früh- sowie Wachstumsphasen bereitstellen. Vgl. BMWi (2017a) sowie http://www.foerderdatenbank.de/Foerder-DB/Navigation/Foerderrecherche/suche.html?get=d3f9d549c0e1151c30550d2c4d23b973;views;document&doc=8933 und https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Mittelstand/innovationsfinanzierung-erp-eif.html (letzter Abruf jeweils am 18. Januar 2019).

243 Vgl. Röhl (2010: 44f.), Deutscher Bundestag (2017: 3) und EFI (2017: 85).

244 Vgl. https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Mittelstand/innovationsfinanzierung-erp-eif.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

245 Vgl. hierzu und im Folgenden https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Mittelstand/innovationsfinanzierung-erp-eif.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019) und Deutscher Bundestag (2017: 4).

246 Vgl. hierzu und im Folgenden http://www.foerderdatenbank.de/Foerder-DB/Navigation/Foerderrecherche/suche.html?get=6dbfb491a3ce9404c25474caf3af142a;views;document&doc=13229 (letzter Abruf am 18. Januar 2019), Deutscher Bundestag (2017: 4). Bis zur Aufnahme des operativen Geschäfts von KfW Capital im Oktober 2018 hat die KfW das Programm betreut.

247 Vgl. hierzu und im Folgenden http://www.foerderdatenbank.de/Foerder-DB/Navigation/Foerderrecherche/suche.html?get=6dbfb491a3ce9404c25474caf3af142a;views;document&doc=13229 (letzter Abruf am 18. Januar 2019) und Deutscher Bundestag (2017: 4).

248 Vgl. https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Artikel/Mittelstand/innovationsfinanzierung-erp-eif.html und http://www.foerderdatenbank.de/Foerder-DB/Navigation/Foerderrecherche/suche.html?get=4d1ff2385c08cf2070d92bda708812f9;views;document&doc=12948 (letzter Abruf jeweils am 18. Januar 2019).

249 Vgl. https://www.business-angels.de/neue-instrumente-fuer-mehr-risikokapital-gestartet/ (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

250 Vgl. http://www.foerderdatenbank.de/Foerder- DB/Navigation/Foerderrecherche/suche.html?get=4d1ff2385c08cf2070d92bda708812f9;views;document&doc=12948 (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

251 Vgl. http://www.foerderdatenbank.de/Foerder-DB/Navigation/Foerderrecherche/suche.html?get=views;document&doc=12949 und https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2016/20161110-mezzanin-dachfonds-stellt-zusaetzlich-400-millionen-euro-fuer-den-deutschen-mittelstand-bereit.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019) und Deutscher Bundestag (2017: 4).

252 Davon finanzierten der EIF 100 Millionen Euro, das ERP-Sondervermögen 68,54 Millionen Euro, die LfA Förderbank Bayern 16,67 Millionen Euro und die NRW.BANK 14,79 Millionen Euro. Vgl. Deutscher Bundestag (2017: 4).

253 Hierfür kommen der EIF mit 200 Millionen Euro, das ERP-Sondervermögen mit 113,32 Millionen Euro sowie die LfA Förderbank Bayern und die NRW.BANK mit je 33,34 Millionen Euro auf. Vgl. Deutscher Bundestag (2017: 4) und https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2016/20161110-mezzanin-dachfonds-stellt-zusaetzlich-400-millionen-euro-fuer-den-deutschen-mittelstand-bereit.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

254 Vgl. Deutscher Bundestag (2018c: 19) und BMWi (2018a).

255 Bei FuE-Aktivitäten treten häufig Externalitäten in Form von Wissensspillovern auf. Das heißt, Wettbewerber können an die neuen Erkenntnisse gelangen, ohne die Kosten für die FuE- Aktivitäten selbst tragen zu müssen. In diesem Fall weichen die privaten Erträge der Innovation von den gesellschaftlichen Erträgen ab und die Forschenden werden – aus gesellschaftlicher Sicht – zu wenig in FuE investieren. Dies begründet die Förderung von FuE durch die öffentliche Hand.

256 Vgl. hierzu und im Folgenden EFI (2017: 82). Beim Luftfahrtforschungsprogramm des BMWi ist beispielsweise die Einreichung folgender Bonitätsunterlagen erforderlich: Bei einem Eigenanteil von mehr als 100.000 Euro müssen die Unternehmen die Jahresabschlüsse der letzten beiden Geschäftsjahre, einen aktuellen Handelsregisterauszug und eine Auskunft der Hausbank vorlegen. Bei einem Eigenanteil von weniger als 100.000 Euro findet das „vereinfachte Verfahren“ Anwendung, bei dem grundsätzlich keine Bonitätsunterlagen eingereicht werden müssen. Die Bonitätsauskunft wird bei einer Wirtschaftsauskunftei eingeholt. Bei Neugründungen sind ein Handelsregisterauszug, eine Auskunft der Hausbank, die Eröffnungsbilanz, eine aktuelle Betriebswirtschaftliche Auswertung (BWA), der Umsatz- und Liquiditätsplan für die Projektlaufzeit sowie die durchschnittliche Mitarbeiterzahl und Planung für die Projektlaufzeit einzureichen. Vgl. BMWi (2017b).

257 Auskunft des BMBF vom 28. November 2018. Laut des Fünf-Punkte-Plans des BMBF „Mehr Chancen für Gründungen“ wird beispielsweise in der BMBF-Energieforschung grundsätzlich von einer optimistischen Zukunftsprognose für Unternehmen ausgegangen. Vgl. BMBF (2017). Die Richtlinie zur BMBF-Fördermaßnahme „Gründungen: Innovative Start-ups für Mensch-Technik-Interaktion“ sieht vor, dass bei Start-ups mit noch geringer Eigenkapitalkraft geprüft wird, ob eine Förderung der zuwendungsfähigen projektbezogenen Ausgaben geboten sein könnte.

258 Vgl. im Folgenden EFI (2017: 122).

259 Hier sind etwa Fragen des Steuerrechts, der Stimmrechte und der Ausgestaltung in Abhängigkeit von der Dauer der Beschäftigung relevant.

260 Vgl. im Folgenden KPMG AG (2017: 35).

261 Sie lagen an allen drei Standorten sowohl bei den Beschäftigten aus anderen EU-Ländern als auch bei den Beschäftigten aus Drittstaaten bei über 20 Prozent.

262 Vgl. KPMG AG (2017: 33).

263 Vgl. im Folgenden Gabrysch (2017), https://inside-vc.de/mitarbeiterbeteiligungsprogramme-fallstricke-tipps-und-tricks/, https://www.artax.com/de/unternehmen/deutschland/Start-ups/esop-ein-modell-zur-erfolgsbeteiligung-in-einem-startup.html und https://www.gruenderszene.de/allgemein/virtual-stock-option?interstitial (letzter Abruf jeweils am 18. Januar 2019).

264 Allerdings gibt es in der Praxis immer wieder Unsicherheit, ob die im Rahmen eines VSOP vorgesehenen

Zahlungen von den Finanzämtern nicht doch als Lohnzahlungen betrachtet werden.

265 Vgl. hierzu und im Folgenden Startup Genome (2018: 13ff. und 46ff.). Weltweit sind allein den Technologiebereichen „Digital Media“, „Gaming“ und „Adtech“ 29 Prozent der Start-ups zuzurechnen, jedoch sind hier die Gründungsraten und die Early Stage Deals rückläufig. Vgl. Startup Genome (2018: 16).

266 Dabei wurden Daten zu Finanzierungsrunden und Exits sowie zur Anzahl der Gründungen von Start-ups herangezogen. Vgl. im Folgenden Startup Genome (2018: 13ff. und 46ff.).

267 Vgl. zu Regulierungsfragen im KI-Bereich KI Bundesverband e.V. (2018: 54ff.). Zum Schutz personen- und unternehmensbezogener Daten vgl. https://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Industrie40/Handlungsfelder/Rechtsrahmen/rechtsrahmen.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

268 Vgl. hierzu und im Folgenden Löher und Schneck (2018).

269 Vgl. BMBF (2018b) und Bundesregierung (2018).

270 Beispielsweise wird im Kopernikus-Projekt ENavi getestet, wie der Umstieg auf erneuerbare Energien technisch, ökonomisch und rechtlich gestaltet werden kann. Beteiligt sind vier Stadtwerke und verschiedenen Regionen in Mecklenburg-Vorpommern. Vgl. schriftliche Information des BMBF vom 5. Dezember 2018 und https://www.kopernikus-projekte.de/projekte/systemintegration (letzter Abruf am 18. Januar 2019). Vgl. zu Reallaboren auch EFI (2017); EFI (2016: 20).

271 Die Reallabore-Strategie des BMWi umfasst drei Säulen: Erstens geht es darum, in neuen Gesetzen und Verordnungen verstärkt Experimentierklauseln anzuwenden. Zweitens soll ein Handbuch Reallabore entwickelt und ein Netzwerk Reallabore geschaffen werden, um Informationsdefizite abzubauen und den Austausch zwischen Wirtschaft, Wissenschaft und Verwaltung zu verbessern. Und drittens sollen eigene Projekte umgesetzt und Reallabore-Wettbewerbe durchgeführt werden. Vgl. https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/reallabore-testraeume-fuer-innovation-und-regulierung.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019) und BMWi (2018h). Darüber hinaus führt das BMWi im 7. Energieforschungsprogramm eine neue Fördersäule „Reallabore in der Energiewende“ ein. Vgl. BMBF (2018b: 23) und https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Dossier/reallabore-testraeume-fuer-innovation-und-regulierung.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

272 Vgl. EFI (2017: 20). Die Neuheitsschonfrist bezeichnet eine Zeitspanne, in der eine Erfindung nach einer Veröffentlichung zum Patent angemeldet werden kann, ohne dass die Veröffentlichung als neuheitsschädlich für das Patent gewertet wird. Vgl. EFI (2009: 43).

273 Das Business Angels Network Deutschland (BAND) als Organisation der Business Angels und der Bundesverband Deutsche Startups als Vertretung der Start-ups haben mittlerweise das German Standards Setting Institute (GESSI) gegründet, an dem jetzt solche Standardverträge entwickelt werden. Zunächst wurde im Jahr 2018 ein Standard für Convertibles vorgelegt. Im Februar soll ein Standard Term Sheet veröffentlicht werden. Im Weiteren ist das Thema Mitarbeiterbeteiligungsprogramme dort auch schon auf der Arbeitsliste. Vgl. https://www.business-angels.de/business-angels-netzwerk-deutschland-und-startup-verband-gruenden-german-standards-setting-institute-und-veroeffentlichen-ersten-standardvertrag/ (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

B 2

274 Treibhausgase sind Gase, die zum Treibhauseffekt beitragen. Sonnenstrahlung durchdringt die Atmosphäre und wird an der Erdoberfläche in Wärmestrahlung umgewandelt, die wiederum an die Atmosphäre abgegeben wird. Treibhausgase in oberen Atmosphärenschichten hindern einen Teil dieser Wärmestrahlung daran, ins Weltall zu entweichen. Das ergibt den sogenannten Treibhauseffekt. Dabei wird zwischen dem natürlichen und dem von Menschen hervorgerufenen (anthropogenen) Treibhauseffekt unterschieden. Der natürliche Treibhauseffekt wirkt als Schutzschild, da er die globale mittlere Temperatur von -18 Grad Celsius auf etwa 15 Grad Celsius erhöht. Dieser natürliche Treibhauseffekt wird seit der industriellen Revolution durch vom Menschen verursachte zusätzliche Treibhausgase verstärkt. Der überwiegende Teil der anthropogenen Treibhausgasemissionen entfällt auf CO_2, das durch die Verbrennung fossiler Energieträger wie Kohle, Öl oder Gas freigesetzt wird.

275 Vgl. BMUB (2016).

276 Der Sektor Energiewirtschaft umfasst die Emissionen aus öffentlicher Strom- und Wärmeversorgung einschließlich Erdgasverdichtern. In manchen Publikationen wird anstelle des Sektors Energiewirtschaft vom Stromsektor gesprochen. Die Begrifflichkeiten sind größtenteils deckungsgleich und werden häufig synonym verwendet (abweichend kann der Stromsektor zusätzlich Emissionen von Industriekraftwerken beinhalten, die beim Sektor Energiewirtschaft nicht hinzugerechnet werden). Der Industriesektor verzeichnet die Emissionen von Verbrennungsprozessen und Eigenstromversorgung des produzierenden Gewerbes sowie Emissionen aus Industrieprozessen. Der Verkehrssektor bildet THG aus der Kraftstoffverbrennung im Verkehr auf Straßen, Schienen, Wasserwegen und der nationalen Luftfahrt ab. Der Gebäudesektor beinhaltet die Emissionen aus Verbrennungsprozessen in privaten Haushalten und in Gewerbe, Handel und Dienstleistungen, die im Wesentlichen auf Brennstoffe für Raumwärme, Kochen und Warmwasser zurückzuführen sind.

277 Die Bundesregierung hat ihre aggregierten THG-Minderungsziele lediglich für das Jahr 2030 mit spezifischen Sektorzielen konkretisiert. Vgl. BMUB (2014) und BMU (2018a).

278 Die Bundesregierung geht in ihrem Klimaschutzbericht 2018 davon aus, dass die Reduktion der THG-Emissionen bis 2020 gegenüber 1990 nur etwa 32 Prozent betragen wird. Vgl. BMU (2018b). Bei der Bewertung der in der Vergangenheit erzielten THG-Emissionsreduktionen ist zudem der Wiedervereinigungseffekt zu berücksichtigen. Wegen der Deindustrialisierung Ostdeutschlands nach der Wiedervereinigung ergab sich auch schon ohne aktive Klimaschutzpolitik eine Verringerung der THG-Emissionen

zwischen 1990 und 2000 um 9 Prozentpunkte. Vgl. Eichhammer et al. (2001).

279 Vgl. UNEP (2018) für einen Abgleich der (Nicht-)Erreichung von Emissionszielen im internationalen Kontext und Vorschläge, um die eventuellen Reduktionslücken zu schließen.

280 Vgl. BMUB (2016: 27).

281 Im Zeitraum zwischen 2008 und 2017 wurden 185 Milliarden Euro über das EEG in EE investiert. Vgl. Bundesnetzagentur (2018).

282 Der Anteil von EE am Bruttostromverbrauch wuchs von ca. 14 Prozent im Jahr 2007 auf ca. 36 Prozent im Jahr 2017. Vgl. BMU (2018a).

283 Die Bundesregierung hat das Ziel, den EE-Anteil am Stromverbrauch bis 2030 auf zwei Drittel zu erhöhen. Vgl. CDU, CSU, SPD (2018).

284 Zusätzlich enthält die sektorale Einteilung der THG-Emissionen den Sektor Landwirtschaft. Die Landwirtschaft weist in Deutschland von allen Sektoren mit Abstand die geringsten THG-Emissionen auf und wird in den nachfolgenden Sektoranalysen des Kapitels nicht mehr explizit aufgenommen.

285 Anwendungen der Sektorkopplung auf die Bereiche Verkehr und Wärme sind Kernelement der sogenannten Verkehrs- bzw. Wärmewende.

286 Vgl. AGEB (2018).

287 Bei einer durchschnittlichen Nutzungsdauer von EE-Anlagen von ca. 1.800 Stunden pro Jahr.

288 Für eine Kommentierung des EEG vgl. auch EFI (2013).

289 Eigene Berechnungen basierend auf BMWi (2018f).

290 Die Abschätzung der Ausbaupotenziale für Wind- und Solaranlagen beruht auf einer Expertenstudie des Akademienprojekts „Energiesysteme der Zukunft“. Vgl. Ausfelder et al. (2017).

291 Vgl. BMWi (2018f).

292 Der Begriff Netzwerkexternalitäten wird hier synonym für den ebenfalls gebräuchlichen Begriff Adoptionsexternalitäten verwendet. Darüber hinaus treten im Kontext von FuE Externalitäten in Form von Wissensspillovern auf. Vgl. EFI (2013). Diese Wissensspillover sind damit nicht spezifisch für FuE in der Energiewende und werden hier daher nicht näher ausgeführt.

293 Vgl. EFI (2013: 49).

294 Der Preis von THG-Emissionen wird oft auch als CO_2-Preis angegeben. THG umfassen zwar auch andere Gase als CO_2, diese werden aber in CO_2-Äquivalenten angegeben.

295 Ein anderes Instrument zur Schaffung eines CO_2-Preises ist eine Mengensteuerung, bei der eine Obergrenze für Emissionen festgelegt wird und Berechtigungen für Emissionen gehandelt werden. Das europäische Emissionshandelssystem verfolgt diesen Ansatz.

296 Vgl. Umweltbundesamt (2018). Für die Schätzungen der gesellschaftlichen Kosten von CO_2 gibt es eine große Bandbreite. Vgl. Ricke et al. (2018) und Pindyck (2016).

297 Nutzerinnen und Nutzer, die neue Technologien frühzeitig übernehmen, stellen anderen Akteuren gegebenenfalls wertvolle Informationen über die Existenz, die Charakteristika und die Erfolgsbedingungen dieser Technologien zur Verfügung. Positive Effekte entstehen zudem, wenn durch mehr Erfahrung mit einer Technologie die (Produktions-)Kosten gesenkt werden können. Wenn Dritte von diesen Effekten profitieren, ohne eine ausreichende Kompensation zu leisten, liegen (positive) Netzwerkexternalitäten vor. Entwickler, Hersteller und erstmalige Anwender einer neuen Technologie können sich oft nicht die vollen Erträge des von ihnen generierten Wissens aneignen. Netzwerkexternalitäten resultieren hier aus der Interaktion zwischen Technologieanbietenden und -nutzerinnen und -nutzern bzw. der Rückkopplung zwischen Technologie- und Marktentwicklung, die durch Investitionen eines Akteurs hervorgerufen und durch andere Akteure ohne Kompensation genutzt werden können.

298 Vgl. Gatzen et al. (2019).

299 Vgl. Ausfelder et al. (2017).

300 Vgl. Ausfelder et al. (2017).

301 Die Digitalisierung der Energiewirtschaft ist nicht nur für den Betrieb der Stromnetze erforderlich. Sie betrifft Energieerzeugung (z. B. durch automatisierte Steuerung dezentraler Anlagen als virtuelles Kraftwerk), Transport (z. B. durch Echtzeitdaten zum Netzzustand und automatisierte Steuerungs- und Regeltechnik), Verbrauch (z. B. durch automatisiertes Lastmanagement), Handel (z. B. durch virtuelle Marktplätze, Hochfrequenzhandel und Mikrotransaktionen) und Vertrieb (z. B. durch zeitlich variable Tarife).

302 Die Bundesregierung fördert diese Technologien im Rahmen des 7. Energieforschungsprogramms. Vgl. BMWi (2018b).

303 Das Emissionshandelssystem umfasst spezifische Industriezweige und Gase. Bei den spezifischen Industriezweigen handelt es sich um die Strom- und Wärmeerzeugung, energieintensive Industriezweige wie Ölraffinerien, Stahlwerke und Produktionsstätten von Eisen, Aluminium, Metallen, Zement, ungelöschtem Kalk, Glas, Keramik, Zellstoff, Papier, Karton, Säuren und organischen Grundchemikalien sowie die gewerbliche Luftfahrt. Bei den spezifischen Gasen handelt es sich um Kohlendioxid (CO_2), Stickoxid (N_2O) aus der Herstellung von Salpetersäure, Adipinsäure, Glyoxylsäure und Glyoxal sowie perfluorierte Kohlenwasserstoffe (FKW) aus der Aluminiumherstellung. Seit 2012 ist außerdem der innereuropäische Luftverkehr in den EU ETS einbezogen.

304 Seit 2019 werden außerdem nationale Maßnahmen und das EU ETS besser miteinander verzahnt: Wenn durch nationale Erzeugungsstilllegung Emissionszertifikate im EU ETS lokal verdrängt werden, dann sorgen die neuen Regelungen dafür, dass eine entsprechende Zertifikatemenge durch einen Mitgliedsstaat gelöscht werden kann.

305 Vgl. BMWi (2014).

306 Vgl. Löschel et al. (2018).

307 Vgl. Umweltbundesamt (2018).

308 Vgl. Löschel et al. (2013).

309 Vgl. Exkurs Batterie im Verteilnetz in Gatzen und Pietsch (2019: 84).

310 Vgl. Deutsche Energie-Agentur GmbH (2017). Für weitere Technologien als Flexibilitätsoptionen vgl. Ecofys und Fraunhofer IWES (2017).

311 Vgl. Ausfelder et al. (2017: 22).

312 Fernwärme hatte einen Anteil von ca. 14 Prozent, Elektro-Wärmepumpen hatten einen Anteil von ca. 2 Prozent. Vgl. BDEW (2018).

313 Der Bestand an Wohneinheiten in Deutschland beläuft sich auf aktuell ca. 42 Millionen. Es wurden in den vergangenen Jahren weniger als 300.000 Wohneinheiten pro Jahr neu gebaut. Diese Relation verdeutlicht, dass Maßnahmen für THG-Minderungen in ihrer Wirkung beschränkt sein werden, wenn sie nur auf Neubauten angewendet werden. Vgl. Gatzen und Pietsch (2019).

314 Vgl. Reetz (2019).

315 Ein Indikator dafür sind Unternehmensgründungen im Bereich Energiewirtschaft und Blockchain. Ein Überblick über diese Gründungen liefert zum Beispiel https://www.solarplaza.com/channels/future-grid/11751/report-comprehensive-guide-companies-involved-blockchain-energy/ (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

316 Vgl. BMWi (2015: 48).

317 Vgl. BMWi (2018c).

318 Die Bundesregierung fördert diese Technologien im Rahmen des 7. Energieforschungsprogramms. Vgl. BMWi (2018b).

319 Vgl. Henger und Schaefer (2018).

320 Zusätzlich kann es im Gebäudesektor zu Koordinationsproblemen zwischen Mietern und Vermietern kommen, die sich negativ auf Energieeffizienzmaßnahmen auswirken. Mieter möchten ihre Zahlungen als Summe aus Mietzins und Mietnebenkosten möglichst gering halten, sind jedoch nicht hinreichend über die Energieeffizienz eines Gebäudes informiert. Vermieter haben wiederum nur geringe Anreize, Energieeffizienzmaßnahmen zu ergreifen, wenn sie nicht unmittelbar von den sinkenden Energiekostenprofitieren bzw. die Investitionsaufwendungen aufgrund der Marktlage, aus rechtlichen Gründen oder wegen der unvollständigen Informationslage der Mieter nicht überwälzen können. Vgl. EFI (2013: 54).

321 Diese Ausweitung der Förderung ist insbesondere geboten, weil durch die Reduzierung der Modernisierungsumlage von 11 Prozent auf 8 Prozent im Jahr 2019 die finanziellen Anreize für eine energetische Gebäudesanierung gesunken sind.

322 Eine Regulierung zur Reduktion der THG-Emissionen über das Ordnungsrecht findet vor allem für Neubauten Anwendung, während es für Bestandsgebäude und Nichtwohngebäude keine substanziellen Nachrüstverpflichtungen gibt. Maßnahmen des Ordnungsrechts werden demnach kaum genutzt, um Lock-in-Effekte im Gebäudebestand zu reduzieren.

323 Acatech (2017) und BMU (2018a).

324 Vgl. BMWi (2018d: 39).

325 Vgl. Ausfelder et al. (2017: 37).

326 Für den nationalen Luftverkehr sind die THG-Emissionen dargestellt, die auf Verbindungen zwischen deutschen Flughäfen freigesetzt werden. Die THG-Emissionen von Pkw, Lkw und Dieselloks ergeben sich aus den in Deutschland verkauften Kraftstoffmengen – unabhängig davon, ob Teile dieses Kraftstoffs dann im Ausland verbraucht werden.

327 Vgl. BMWi (2018f).

328 Elektro-Pkw, Hybrid-Pkw, Plug-in-Hybride.

329 Vgl. BMU (2018a: 39).

330 Vgl. BMU (2018a: 39); Acatech (2017: 33).

331 Die Bundesregierung fördert diese Technologien im Rahmen des 7. Energieforschungsprogramms. Vgl. BMWi (2018b).

332 Das gilt vor allem für Pkw, die aber den größten Anteil an den THG-Emissionen des Verkehrs halten.

333 Vgl. Gatzen und Pietsch (2019: 62). Durch die direkte Nutzung von Strom (aus EE) entfallen Umwandlungsverluste wie beispielsweise bei der Erzeugung von Wasserstoff für die Wasserstoffmobilität. Darüber hinaus weisen Elektromotoren einen höheren Wirkungsgrad auf als Verbrennungsmotoren. Dadurch kann eine gegebene Transportleistung mit weniger Energieeinsatz bewältigt werden.

334 Schnellladen, Bordnetze, koordiniertes Laden.

335 Vgl. Acatech (2017: 29); Ausfelder et al. (2017: 64).

336 Plug-in-Hybride können mit einem Stecker am Stromnetz geladen werden.

337 Vgl. Acatech (2017: 28). Allein die Elektrolyse von Wasserstoff geht derzeit mit einem Energieverlust von ca. 30 Prozent einher. Vgl. Gatzen und Pietsch (2019).

338 Vgl. Gatzen und Pietsch (2019: 63).

339 Vgl. Gatzen und Pietsch (2019: 63).

340 Der Anschluss von Ladesäulen ist in Abhängigkeit von ihrer Anschlussleistung anmelde- oder genehmigungspflichtig (Anschlussleistung über 4,5 kVA bzw. über 12 kVA). Vgl. Gatzen und Pietsch (2019: 98).

341 Vgl. auch Fischedick und Grunwald (2017) für eine detaillierte Analyse zur Entstehung und Bewältigung von Lock-in-Effekten im deutschen Energiesystem am Beispiel des Verkehrssektors.

342 Vgl. https://www.sueddeutsche.de/wirtschaft/co-werte-umweltministerium-knickt-bei-klimazielen-fuer-autos-ein-1.4145921 (letzter Abruf am 18. Januar 2019). Das Flottenziel für 2030 sieht nun vor, dass der CO_2-Ausstoß zwischen 2021 und 2030 um 37,5 Prozent gesenkt werden muss.

343 Vgl. Ausfelder et al. (2017).

344 So sorgt die Verwendung von Koks in Hochöfen durch seine mechanische Stabilität für eine stabile Schichtung. Koks kann deshalb nicht durch EE ersetzt werden, ohne den Prozess der Stahlherstellung insgesamt zu überarbeiten. Vgl. Ausfelder et al. (2017).

345 In der Zementherstellung wird Kalkstein in Calciumoxid und CO_2 umgewandelt. Vgl. Ausfelder et al. (2017).

346 Sogenannte Technologien für Carbon Capture and Storage (CCS) oder Carbon Capture and Utilization (CCU).

347 Für eine Darstellung von Power-to-X-Technologien zur Erzeugung von Methylen oder Ammoniak vgl. dena (2018). Für eine Darstellung der Verwendung von Wasserstoff zur Stahlerzeugung vgl. Hölling et al. (2017) und https://www.deutschlandfunk.de/stahlindustrie-wasserstoff-statt-koks-und-kohle.697.de.html?dram:article_id=429977 (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

348 Die Bundesregierung fördert diese Technologien im Rahmen des 7. Energieforschungsprogramms. Vgl. BMWi (2018b).

349 Für die Energierückgewinnung aus Abwärme können Kunststoffstreifen, sogenannte Bipolymere, genutzt

werden, die sich bei Erhitzung stark verbiegen. Diese Bewegung kann in einer Wärmekraftmaschine genutzt werden, um Strom zu erzeugen. Vgl. Gatzen und Pietsch (2019: 47).

350 Vgl. Viebahn et al. (2018).

351 Vgl. u. a. https://www.bmbf.de/de/energiewende-565.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

352 Vgl. BMWi (2018b).

353 Für eine Liste aller aktuellen und geplanten Maßnahmen der Bundesregierung zur gesellschaftlichen Herausforderung Nachhaltigkeit, Energie und Klima der HTS 2025 vgl. https://www.hightech-strategie.de/de/massnahmen-1697.php (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

354 So fördert die Bundesregierung über ein Kopernikus-Projekt zur Systemintegration u. a. Forschung zur Einbindung von Strom in die Sektoren Gebäude und Verkehr. Vgl. https://www.kopernikus-projekte.de/projekte/systemintegration (letzter Abruf am 18. Januar 2019). Darüber hinaus ist die Erweiterung der Projektförderung von einzeltechnologiezentrierten zu systemischen und systemübergreifenden Fragestellungen der Energiewende eine der Grundlinien der aktuellen Energieforschungspolitik. Vgl. BMWi (2018b: 6).

B 3

355 Blockchain wurde als Technologie erstmals 2008 in einem Whitepaper beschrieben. Vgl. Nakamoto (2018). Die ursprüngliche Idee war, ein System zu schaffen, mit dem Zahlungen digital abgewickelt werden können, und dabei die Problematik der digitalen Kopie und des sogenannten Double Spending zu überwinden. Damit wurde eine Möglichkeit entwickelt, nicht kopierbare und eindeutige Werte in digitaler Form zu generieren. Mittlerweile gibt es neben Kryptowährungen, die aus dieser Idee entstanden sind, eine Vielzahl anderer Anwendungen, die sich mit Hilfe von Blockchain-Technologien umsetzen lassen.

356 So hat beispielsweise Vitalik Buterin, der Gründer der Ethereum-Blockchain, angekündigt, bei Ethereum in den Hintergrund zu rücken, um der wachsenden Entwicklergemeinschaft mehr Raum zu geben. Vgl. https://www.technologyreview.com/s/612372/ethereums-founder-vitalik-buterin-says-his-creation-cant-succeed-unless-he-takes-a-step/ (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

357 Vgl. IBM Maersk (2018a).

358 Vgl. IBM Maersk (2018a). Viele Schritte in der Dokumentation dieser Lieferkette sind zudem noch nicht digitalisiert. 60 Prozent der Transaktionen zwischen Unternehmen werden auf Basis von Papierrechnungen ausgeführt. Vgl. Schütte et al. (2017).

359 Alternativ könnten die Daten in verschiedenen (herkömmlichen) Datenbanken gespeichert werden, müssten dann aber über die gesamte Lieferkette aggregiert werden. Hieraus könnte erneut ein Informationsvorsprung für die aggregierende Organisation entstehen.

360 Vgl. IBM Maersk (2018b).

361 Vgl. IBM Maersk (2018b).

362 Nicht alle Personen, die z. B. die Bitcoin-Blockchain nutzen, halten auch eine komplette Kopie der Bitcoin-Blockchain. Nutzende lassen sich unterteilen in sogenannte Full Nodes, die über eine komplette Kopie verfügen, und in sogenannte Lightweight Nodes, bei denen das nicht der Fall ist. Das Verifizieren von Transaktionen und das Generieren neuer Blocks kann nur durch Full Nodes erfolgen. Vgl. Meinel et al. (2018).

363 Blockchain-Technologien bilden einen Teil der allgemeineren Distributed Ledger Technologies (DLT). DLTs sind Technologien, die ein Datenregister verteilt, d.h. ohne zentrale Instanz, führt. DLTs, die Transaktionen nicht in Blöcken zusammenfassen und deshalb keine Blockchains sind, sind zum Beispiel IOTAs Tangle oder der Hedera Hashgraph. Vgl. Reetz (2019).

364 Transaktionen auf der Ethereum-Blockchain können zum Beispiel auf https://etherscan.io/ gelesen werden. Transaktionen der Bitcoin-Blockchain sind unter https://blockexplorer.com/ (letzter Abruf jeweils am 18. Januar 2019) einsehbar.

365 Vgl. Meinel et al. (2018).

366 Der Energieverbrauch der Bitcoin-Blockchain lässt sich schätzen, indem die Anzahl von Rechenoperationen des Mining ermittelt und Annahmen zur Rechenleistung von Mining Hardware und deren Energieverbrauch gemacht werden. Vgl. Vries (2018).

367 Das klassische Bezahlsystem Visa führt etwa 56.000 Transaktionen pro Sekunde aus. Insbesondere Proof-of-Work-Blockchains weisen hier deutlich niedrigere Werte auf. Bitcoin beispielsweise führt derzeit etwa drei Transaktionen pro Sekunde aus. Vgl. https://www.blockchain.com/de/charts/transactions-per-second? (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

368 Der Name Smart Contracts ist dabei irreführend, da sie weder smart oder intelligent noch Verträge im juristischen Sinne sind.

369 Vgl. https://www.cnbc.com/2018/06/07/1-point-1b-in-cryptocurrency-was-stolen-this-year-and-it-was-easy-to-do.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

370 Zu den größten Diebstählen von Krypto-Börsen im Jahr 2018 zählen die Diebstähle bei Coincheck (ca. 473 Millionen Euro), Bitgrail (ca. 151 Millionen Euro), Coinrail (ca. 35 Millionen Euro), Bithumb (ca. 27 Millionen Euro) und Bancor (ca. 20 Millionen Euro).

371 Bei dieser Art von Angriffen verfügt der oder die Angreifende über mehr Rechenleistung als der Rest der Miner zusammen und kann so neue Blöcke schneller generieren als das restliche Netzwerk. Das eröffnet die Möglichkeit, einen Betrag der Kryptowährung zu entwenden. Beispiele für erfolgreiche 51-Prozent-Angriffe sind die Kryptowährungen verge, litecoin cash, zencash, bitcoin gold und Monacoin.

372 Vgl. https://www.fca.org.uk/firms/regtech/our-work-programme, http://blockchain.cs.ucl.ac.uk/barac-project/ und https://www.r3.com/research/paying-for-mistakes-how-blockchain-technology-can-reduce-regulatory-penalties-and-compliance-costs/ (letzter Abruf jeweils am 18. Januar 2019). Für das Befolgen regulatorischer Anforderungen, wie beispielsweise in MiFID II (Markets in Financial Instruments Directive II), muss eine Vielzahl von Informationen zu vollzogenen Transaktionen berichtet werden. Diese Informationen sind unter Umständen aber auf unterschiedliche Organisationen verteilt. Das

sichere und kohärente Zusammenführen der nötigen Informationen erzeugt deshalb einen großen administrativen Aufwand. Blockchain-Technologien können helfen, die nötigen Informationen manipulationssicher über verschiedene Organisationen hinweg zusammenzuführen.

373 Die FCA erklärt hierzu: „In particular, we believe that using DLT for regulatory reporting purposes could reduce costs to both firms and regulators and significantly improve our access to data. This would, in turn, allow us to identify areas of emerging risk more efficiently and improve the speed and accuracy of our response". FCA – Financial Conduct Authority (2017: 20).

374 Vgl. Aste (2018).

375 Vgl. https://www.uledger.co/blockchain-works-data-integrity/ und https://www.ericsson.com/en/security/data-centric-security/blockchain-data-integrity (letzter Abruf jeweils am 18. Januar 2019).

376 Vgl. https://cryptowerk.com/blockchains-iot-clinical-trial-data/ (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

377 Vgl. https://energyweb.org/ (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

378 Vgl. https://ipdb.io/ (letzter Abruf am 18. Januar 2019). Bei der IPDB soll mindestens die Hälfte der Organisationen, die Blöcke validieren, keine Gewinnerzielungsabsicht haben.

379 Vgl. http://www.bamf.de/DE/DasBAMF/BAMFdigital/Blockchain/blockchain.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019) und Fridgen et al. (2018).

380 Vgl. Fridgen et al. (2018).

381 Vgl. http://www.bamf.de/DE/DasBAMF/BAMFdigital/Blockchain/blockchain.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

382 Der Programmcode der Versicherung fizzy für Flugverspätungen kann unter https://etherscan.io/address/0xe083515d1541f2a9fd0ca03f189f5d321c73b872#code (letzter Abruf am 18. Januar 2019) eingesehen werden. Im Gegensatz zu einer herkömmlichen Software, die für Versicherungsunternehmen die Bearbeitung von Flugverspätungen automatisiert übernehmen könnte, ist der Smart Contract dauerhaft einsehbar, weil er in einer öffentlichen Blockchain gespeichert ist.

383 Vgl. zum Beispiel https://ripple.com/use-cases/banks/ (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

384 Für Großbritannien vgl. HM Land Registry (2018). Für Schweden vgl. Lantmäteriet (2018).

385 Ansätze für Blockchain-basierte Grundbücher werden z. B. in Ghana oder Kenia verfolgt. Vgl. https://www.reuters.com/article/us-africa-landrights-blockchain/african-startups-bet-on-blockchain-to-tackle-land-fraud-idUSKCN1G00YK (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

386 Ein Beispiel für den Einsatz einer Blockchain-Technologie beim Zugriff auf Fahrzeuge ist die Kollaboration zwischen Porsche und XAIN. Vgl. https://medium.com/@XAIN/part-1-technical-overview-of-the-porsche-xain-vehicle-network-f70bb117be16 oder https://newsroom.porsche.com/en/porsche-digital/porsche-blockchain-panamera-xain-technology-app-bitcoin-ethereum-data-smart-contracts-porsche-innovation-contest-14906.html (letzter Abruf jeweils am 18. Januar 2019).

387 Auf dieser Grundlage entwickeln Blockchain-Start-ups Geschäftsmodelle, um Daten nicht nur sicher verfügbar zu machen, sondern gleichzeitig auch Ansprüche an geistiges Eigentum nachvollziehbar und Datennutzung abrechenbar zu machen. Vgl. https://blog.oceanprotocol.com/how-ocean-can-benefit-data-scientists-7e502e5f1a5f (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

388 Von 150 erfassten deutschen Blockchain-Start-ups haben 70 ihren Sitz in Berlin, 22 in München, 13 in Frankfurt, fünf in Hamburg und jeweils vier in Köln und Mainz. Vgl. chain.de (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

389 Vgl. Reetz (2019).

390 Vgl. Bonset (2018).

391 Vgl. Bonset (2018).

392 Die Entwickleraktivität der Ethereum-Blockchain übersteigt die Aktivitäten auf anderen Blockchain- Plattformen um ein Vielfaches. Gemessen an der Anzahl auf GitHub gelöster Fragen übersteigt Ethereum den nächsten Wettbewerber um 330 Prozent. Gemessen an forks übersteigt Ethereum seinen nächsten Wettbewerber sogar um 657 Prozent. Vgl. EY (2018).

393 Vgl. Hileman und Rauchs (2017) oder https://outlierventures.io/startup-tracker/#ecosystem (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

394 Vgl. Acatech (2018).

395 Es wird geschätzt, dass der Energieverbrauch der Bitcoin-Blockchain 2018 etwa dem Energieverbrauch Österreichs entspricht. Vgl. Vries (2018).

396 Vgl. Wait-and-see-Strategie in Finck (2018: 675).

397 Vgl. Reetz (2019).

398 Die Entwicklergemeinschaft ist sehr international, sodass Sprachbarrieren zu Politik und Verwaltung nicht nur bei Fachtermini bestehen, sondern auch bei der Wahl der jeweiligen Sprache (deutsch oder englisch). Vgl. Reetz (2019).

B 4

399 Vgl. EFI (2018: Kapitel A 4).

400 Vgl. Gilch et al. (2019: 30).

401 Die Schwierigkeiten sind u. a. der besonderen Governance von Hochschulen geschuldet, die sich von der Governance von Unternehmen unterscheidet. So konstatiert beispielsweise die Imboden-Kommission, dass es neben den Hochschulgesetzen und anderen Regelwerken ausgeprägte „Realverfassungen" gibt, in deren Rahmen Hochschulleitungen vielfach Befugnisse, die ihnen formal zustehen, nicht voll ausschöpfen. Demnach bremsen kollegiale Entscheidungskulturen die Dynamik von Reformprozessen und verhindern den Übergang der Hochschulen von einer Behörde zu einer unternehmerisch denkenden und handelnden Institution. Vgl. Internationale Expertenkommission Exzellenzinitative (2016).

402 Die Imboden-Kommission konstatiert, dass „insbesondere Exzellenzcluster dazu neigen, sich zu gesonderten Einheiten innerhalb der Universität zu entwickeln, was eine Universitätsleitung mit zentrifugalen Kräften konfrontiert. Die Kommission kommt zu dem Schluss, dass bei der Governance an den deutschen Universitäten noch

immer ein erhebliches ungenutztes Potenzial und ein substanzieller Nachholbedarf" bestehen. Vgl. Internationale Expertenkommission Exzellenzinitative (2016: 35) sowie Reichert et al. (2012: 78ff.).

403 Vgl. Gilch et al. (2019: 65).

404 Lediglich 15 Prozent der teilnehmenden Hochschulen gaben an, weder eine Digitalisierungsstrategie zu haben noch eine zu planen. Vgl. Gilch et al. (2019: 65f.).

405 Vgl. Gilch et al. (2019: 43).

406 Vgl. Gilch et al. (2019: 26).

407 Forschungsinformationssysteme sind kombinierte Datenbank- und Berichtssysteme, die es ermöglichen, Forschungsaktivitäten übergreifend zu dokumentieren, zu bewerten und weiterzuentwickeln. Vgl. Riechert et al. (2015).

408 Bei Forschungsdaten-Managementsystemen handelt es sich um Systeme zur Aufbereitung, Speicherung, Archivierung sowie Veröffentlichung von Forschungsdaten. Vgl. Simukovic et al. (2013).

409 Eigene Auswertung der Befragungsdaten von Gilch et al. (2019).

410 Eigene Auswertung der Befragungsdaten von Gilch et al. (2019).

411 Vgl. Gilch et al. (2019: 36).

412 Die Prozesse werden nicht allein durch die Hochschulen, sondern in hohem Maße auch durch die Forschenden selbst, Forschungscommunities und Forschungsfördernde geprägt. Vgl. Gilch et al. (2019: 36).

413 Vgl. Gilch et al. (2019: 36).

414 Vgl. Pongratz (2017: 18).

415 Vgl. http://www.eresearch.uni-goettingen.de/de/content/%C3%BCber-uns (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

416 Vgl. http://www.eresearch.uni-goettingen.de/de/content/%C3%BCber-uns (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

417 Die eResearch Alliance berät zu Themen wie Datenspeicherung, Datenaustausch und Datenerhalt, aber auch zu Datenformaten und Metadaten bis hin zu Möglichkeiten der Datenpublikation. Darüber hinaus informiert sie zu Open Access und zu am Göttingen Campus verfügbaren Tools und Diensten sowie zu Förderanträgen für IT-Hardware und Forschungsgeräten. Vgl. http://www.eresearch.uni-goettingen.de (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

418 Vgl. https://www.bmbf.de/de/hoechstleistungsrechnen-staerkt-den-forschungsstandort-deutschland-852.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

419 Vgl. European Commission (2018) und https://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/kuenstliche-intelligenz/wirtschaftliche-aufholjagd-deutschland-sucht-anschluss-an-amerika-und-china-15660967.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

420 Der Höchstleistungsrechner in Jülich, Juwels, kommt derzeit auf eine theoretische Spitzenleistung von bis zu zwölf Petaflops (zwölf Billiarden Rechenoperationen pro Sekunde). Für 2019 ist eine deutliche Erweiterung der Rechenleistung geplant. Vgl. Forschungszentrum Jülich (2018). Der Höchstleistungsrechner in Garching, SuperMUC Next Generation, ist mit 26,9 Petaflops aktuell der schnellste Rechner in Deutschland und der achtschnellste weltweit. Vgl. https://www.lrz.de/services/compute/supermuc/supermuc-ng sowie https://www.heise.de/newsticker/meldung/SuperMUC-NG-Bayern-in-der-Champions-League-der-Supercomputer-4171864.html (letzter Abruf jeweils am 18. Januar 2019). Bund und Länder fördern das Hoch- und Höchstleistungsrechnen in Deutschland. Dabei geht es neben dem weiteren schrittweisen Ausbau der Infrastruktur auch um die Weiterentwicklung von Rechnerstrukturen und Softwaretechnologien. Mit über 225 Millionen Euro unterstützt der Bund dieses Vorhaben. Die Länder leisten einen Beitrag in gleicher Höhe. Vgl. https://www.bmbf.de/de/hoechstleistungsrechnen-staerkt-den-forschungsstandort-deutschland-852.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

421 Die Rechengeschwindigkeit der geplanten Exascale-Computer soll die Rechengeschwindigkeit der derzeitigen Petascale-Computer um das Tausendfache übertreffen. In Deutschland soll der Fokus jedoch nicht exklusiv auf Exascale-Hardware, sondern auf den Zusammenschluss von Rechnern gelegt werden (sogenanntes Smart Scaling). Bis Ende 2025 wollen Bund und Länder das Vorhaben mit fast 500 Millionen Euro fördern. Vgl. http://www.gauss-centre.eu/SharedDocs/Pressemitteilungen/GAUSS-CENTRE/EN/2017-06a_GCS_smart_exascale_german.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

422 Bund und Länder stellen dafür gemeinsam bis zu 62,5 Millionen Euro im Jahr zur Verfügung. Vgl. GWK (2018c). Mit dem Verbund reagieren Bund und Länder auf die 2015 vom Wissenschaftsrat vorgelegten „Empfehlungen zur Finanzierung des Nationalen Hoch- und Höchstleistungsrechnens in Deutschland". Der Wissenschaftsrat hatte darin eine mangelnde Koordination der Rechenzentren der Ebene 2 (Hochleistungsrechnen) bemängelt und als Ursache dafür den Wettbewerb um Gelder aus dem Programm zur „gemeinsamen Förderung von Forschungsbauten an Hochschulen einschließlich Großgeräten" gemäß Art. 91b GG identifiziert.

423 Vgl. GWK (2018d).

424 Um diese Daten für neue wissenschaftliche Erkenntnisse und Innovationen zu nutzen, ist der systematische und dauerhafte Zugang zu digitalisierten Datenbeständen unverzichtbar. Die an verschiedenen Stellen auf unterschiedliche Weise gesammelten Daten müssen so aufbereitet sein, dass sie auch für Dritte leicht und geordnet auffindbar sind und über die Grenzen einzelner Datenbanken, Fachdisziplinen und Länder hinweg analysiert und verknüpft werden können. Dazu muss das Datenmanagement standardisiert sein: Nach den sogenannten FAIR-Prinzipien sollen Forschungsdaten auffindbar, zugänglich, interoperabel und nachnutzbar sein. Diese Anforderungen wurden bislang nicht erfüllt. Vgl. RfII (2018).

425 Vgl. GWK (2018d).

426 Einzelne Anlaufstellen existieren bereits u. a. in Thüringen, Nordrhein-Westfalen und Baden- Württemberg.

427 Das wissenschaftsgeleitete Verfahren zur Begutachtung der Förderanträge von Konsortien führt die Deutsche Forschungsgemeinschaft (DFG) durch; die Entscheidungen über die Förderung trifft die Gemeinsame Wissenschaftskonferenz (GWK) auf der Grundlage der Begutachtung der DFG. Vgl. GWK (2018d).

428 Das Programm startete im Januar 2019. Vgl. GWK (2018d).

429 Damit Forschungsdatenzentren in ganz Europa virtuell miteinander verknüpft werden können, starten Deutschland, Frankreich und die gemeinsam die GO FAIR Initiative. Das Ziel von GO FAIR ist es, Rahmenbedingungen zu schaffen, die es ermöglichen, die vorhandenen Forschungsdaten an wissenschaftlichen Einrichtungen aller Forschungsdisziplinen über die Landesgrenzen hinweg zu erschließen. Für die Aufbauphasen werden von den deutschen, französischen und niederländischen Forschungsministerien Unterstützungs- und Koordinierungsbüros gefördert. Diese Büros werden Umsetzungsnetzwerke aufbauen und Vorhaben von Wissenschaft und e-Infrastrukturen zur Bereitstellung von Daten und Dienstleistungen nach den FAIR-Prinzipien (Findable, Accessible, Interoperable, Re-usable) fördern. Vgl. https://www.bildung-forschung.digital/de/mit-go-fair-auf-dem-weg-zur-europaeischen-wissenschaftscloud-2173.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

430 Über die Verbreitung von Open Access liegen bisher keine einheitlichen Statistiken vor. Je nach Abgrenzung (goldener Weg oder grüner Weg) variieren die Anteile von Open Access-Publikationen an allen Publikationen zwischen 15 und 45 Prozent. Vgl. Deinzer (2018), Wohlgemuth et al. (2017) und Piwowar et al. (2018). Um diese Entwicklung und den quantitativen Stand von Open Access in Deutschland zu erfassen, hat das BMBF bereits 2016 in seiner Open-Access-Strategie die Einrichtung eines Open Access-Monitors angekündigt. Vgl. BMBF (2016).

431 Information der Max Planck Digital Library vom 12. Januar 2019. Vgl. auch https://www.nature.com/articles/d41586-019-00135-8 (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

432 Vgl. o.V. (2003); BMBF (2016); CDU, CSU, SPD (2018) sowie European Commission (2017). Die deutschen Wissenschaftsorganisationen, organisiert in der Allianz der Wissenschaftsorganisationen, verfolgen den Transformationsprozess hin zu Open Access seit 2015 im Rahmen der globalen Initiative Open Access 2020. Der Fokus von Open Access 2020 ist darauf gerichtet, die Ressourcen für die gegenwärtig im Subskriptionsmodell vertriebenen Zeitschriften künftig in Fonds zur Unterstützung von Open Access-basierten Geschäftsmodellen einzusetzen. Spezifische Publikationspräferenzen von einzelnen Fach-Communities sollen berücksichtigt werden. Alle am Publikationsprozess beteiligten Akteure, insbesondere Universitäten, Forschungseinrichtungen, Geldgeber, Bibliotheken und Verlage, sollen einbezogen werden, um einen schnellen und effizienten Übergang zu Open Access zu erreichen. Vgl. https://oa2020.org/be-informed (letzter Abruf am 18. Januar 2019). In Deutschland steht die Initiative Open Access 2020 auch in Verbindung zum Projekt DEAL. Das Projekt DEAL wurde 2016 von der Allianz der Wissenschaftsorganisationen initiiert, um mit den großen Wissenschaftsverlagen bundesweite Lizenzverträge sowie eine nationale Open Access-Lösung auszuhandeln. Die DEAL-Verhandlungen werden von der Hochschulrektorenkonferenz geführt. Vgl. https://www.projekt-deal.de (letzter Abruf am 18. Januar 2019). Eine Einigung konnte im Januar 2019 mit dem Wissenschaftsverlag Wiley erzielt werden. Die Dreijahresvereinbarung beinhaltet, dass gegen eine jährliche Gebühr allen Projekt DEAL-Institutionen der Zugang zu den wissenschaftlichen Zeitschriften von Wiley zurück bis ins Jahr 1997 ermöglicht wird. Forschende an Projekt DEAL-Institutionen können Artikel als Open Access in Wiley Zeitschriften veröffentlichen. Vgl. https://www.hrk.de/presse/pressemitteilungen/pressemitteilung/meldung/wiley-und-projekt-deal-unterzeichnen-einigung-4493 (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

433 Vgl. EFI (2013: Kapitel A 2) sowie https://open-access.net/informationen-zu-open-access/positionen (letzter Abruf am 18. Januar. 2019).

434 Vgl. § 38 Abs. 4 UrhG. Vgl. https://www.gesetze-im-internet.de/urhg/__38.html (letzter Abruf am 18. Januar. 2019).

435 Vgl. Bruch und Pflüger (2014).

436 Vgl. Science Europe (2018) sowie https://www.coalition-s.org (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

437 Vgl. DFG (2018b) sowie http://www.dfg.de/foerderung/info_wissenschaft/2018/info_wissenschaft_18_56/index.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

438 Vgl. DFG (2018b) sowie http://www.dfg.de/foerderung/faq/open_access_faq/index.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

439 Vgl. Gilch et al. (2019: 37).

440 Lernmanagementsysteme sind Systeme, die der Bereitstellung von Lerninhalten und der Organisation von Lernvorgängen dienen. Vgl. Baumgartner et al. (2002).

441 Vgl. Gilch et al. (2019: 47).

442 Dazu zählen die Universität Hamburg mit dem Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf, die Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg, die Technische Universität Hamburg, die HafenCity Universität, die Hochschule für bildende Künste und die Hochschule für Musik und Theater.

443 Vgl. https://www.mmkh.de/elearning/hamburg-open-online-university-hoou.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

444 Vgl. https://wissenschaft.hamburg.de/hoou (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

445 Vgl. https://www.uni-hamburg.de/newsroom/campus/20170926-hoou.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

446 Vgl. https://www.hoou.de (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

447 Vgl. Schmid et al. (2017: 14ff.) sowie https://www.e-teaching.org/news/eteaching_blog/themenspecial-lernmanagement-systeme-ein-resuemee (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

448 Vgl. eigene Auswertung der Befragungsdaten von Gilch et al. (2019).

449 Vgl. Gilch et al. (2019: 49).

450 Diese Erhebung zeigt, dass Lernmanagementsysteme und einfache digitale Instrumente zur Unterstützung der Lehre, wie z. B. Whiteboards, Videos und Präsentationssoftware, von mehr als der Hälfte der Lehrenden regelmäßig eingesetzt werden. Weitergehende Instrumente und Formate wie digitale Lernspiele (Digital Game- based Learning), soziale Netzwerke (soziale Medien) oder Inverted Classrooms werden hingegen nur vereinzelt genutzt. Vgl. Schmid et al. (2017).

451 Fast 60 Prozent der Lehrenden bewerten die medientechnische Ausstattung ihrer Hochschule als gut oder sehr gut. Wird die Note befriedigend hinzugerechnet, zeigen sich sogar über 80 Prozent der Hochschullehrenden grundsätzlich zufrieden mit der technischen Ausstattung ihrer Institution. Vgl. Schmid et al. (2017: 14).

452 Vgl. Gilch et al. (2019: 53).

453 Vgl. Gilch et al. (2019: 54).

454 Vgl. Gilch et al. (2019: 139) sowie HFD (2016: 28).

455 Vgl. Schmid et al. (2017: 25ff.) sowie Sailer et al. (2018: 48ff.).

456 Vgl. Gilch et al. (2019: 139) sowie Sailer et al. (2018: 80). Die Handlungsspielräume der Hochschulen, Anreize für digitale Lehre zu setzen, sind aufgrund der uneinheitlichen Lehrverpflichtungsverordnungen der Länder unterschiedlich groß. Vgl. HFD (2016: 167) sowie Gilch et al. (2019: 181). In einigen Ländern, wie z. B. Nordrhein-Westfalen, ist die Anrechenbarkeit der Aufwände für die Erstellung und Betreuung von digitalen Lehrangeboten auf maximal 25 Prozent des Lehrdeputats begrenzt. Vgl. Ministerium des Innern des Landes Nordrhein- Westfalen (2016). Andere Länder, wie z. B. Niedersachsen, sehen keine derartigen Begrenzungen vor. Vgl. Niedersächsisches Ministerium für Wissenschaft und Kultur (2018).

457 Hinter den Plattformen stehen meist einzelne Hochschulen und Institute sowie Hochschulkonsortien und Verbünde, auch in unternehmerischer Initiative oder Partnerschaft. Deutsche Hochschulen sind in diesem Sektor der akademischen Bildung bislang wenig aktiv. Vgl. HFD (2018: 10).

458 Webbasierte Bildungsangebote, Video Lectures, Massive Open Online Courses (MOOCs), kleine mobile Lerneinheiten oder größere umfassende Onlinekurse – mit oder ohne Zertifikat – werden inzwischen auf einer Vielzahl internationaler Plattformen angeboten. In Konkurrenz zu den klassischen Bildungsstätten bilden Anbieter wie Udacity ihre Kundinnen und Kunden in kurzer Zeit zu Machine Learning Engineers oder zu Data Analysts aus. Am Ende solcher Aus- und Weiterbildungsformen stehen weder Bachelor noch Master, sondern sogenannte Nano Degrees. Vgl. HFD (2018: 10).

459 Beispiel MOOCs der Technischen Universität München (TUM).

460 Vgl. HFD (2018: 41).

461 Vgl. HFD (2018: 35).

462 Vgl. http://www.rwth-aachen.de/cms/root/Die-RWTH/Aktuell/Pressemitteilungen/Maerz-2017/~ngeb/Die-RWTH-Aachen-bietet-den-MicroMaster-a (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

463 Vgl. HFD (2018: 40).

464 Titel des Kurses: Managing Technology & Innovation: How to deal with disruptive change. Vgl. http://www.rwth-aachen.de/cms/root/Die-RWTH/Aktuell/Presse mitteilungen/Maerz-2017/~ngeb/Die-RWTH-Aachen-bietet-den-MicroMaster-a (letzter Abruf am 18. Januar 2019). Die Begriffe Micro Master oder Nano Degree werden zum Teil synonym verwendet. Vgl. https://www.edx.org/micromasters sowie https://eu.udacity.com/nano degree (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

465 Die DHBW ist damit eine von weltweit 16 sogenannten Credit Pathway Schools des MIT. Vgl. https://micromasters.mit.edu/scm/pathways-masters (letzter Abruf am 18. Januar 2019). Nach Information des MIT stammten im Dezember 2018 7.804 Teilnehmerinnen und Teilnehmer der Micro-Master-Kurse aus Deutschland (neben den Micro-Master-Kursen bietet das MIT weitere Online-Lernformate an). Fast 1.000 von ihnen haben bereits ein Kurszertifikat erhalten. Insgesamt sind in den Micro-Master-Kursen des MIT über 600.000 Personen aus 196 Ländern eingeschrieben. Im Durchschnitt sind die Teilnehmenden 32 Jahre alt und verfügen über sechs Jahre Berufserfahrung. 37 Prozent der Teilnehmenden verfügen über einen Bachelor- und 35 Prozent über einen Masterabschluss.

466 Vgl. https://micromasters.mit.edu/scm/pathways-masters (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

467 Vgl. EFI (2018: 37) sowie EFI (2015: Kapitel B 2).

468 Vgl. EFI (2015: 56).

469 Campus-Managementsysteme sind zumeist modular strukturierte IT-Anwendungssysteme an Hochschulen zur umfassenden Unterstützung von Geschäftsprozessen im Bereich des studentischen Lebenszyklus (beispielsweise Studierenden-, Kurs- und Prüfungsverwaltung). Vgl. Auth und Künstler (2016).

470 An 48 Prozent der Hochschulen sind Campus-Managementsysteme vollständig implementiert. 26 Prozent der Hochschulen geben an, Ressourcen-Managementsysteme an ihrer Hochschule vollständig implementiert zu haben. An lediglich 8 Prozent der Hochschulen sind Computer-Aided- Facility-Managementsysteme vollständig implementiert. Vgl. Gilch et al. (2019: 47 und 56). Bei Computer-Aided-Facility-Managementsystemen handelt es sich um IT-Systeme, die die Planung, Steuerung und Dokumentation von Facility-Managementprozessen wie die Verwaltung und Bewirtschaftung von Gebäuden sowie deren technischen Anlagen unterstützen. Ressourcen-Managementsysteme (Enterprise-Resource-Planning-Systeme, ERP-Systeme) dienen der Unterstützung von Geschäftsprozessen. Hierzu zählen u. a. die Steuerung und Verwaltung von betrieblichen Ressourcen wie Kapital, Personal oder Produktionsmitteln.

471 Vgl. Gilch et al. (2019: 57).

472 Weitere interne Verwaltungsprozesse sind die Rechnungsbearbeitung, die Bewerberverwaltung sowie die Bearbeitung von Urlaubsanträgen von Beschäftigten.

473 Vgl. Gilch et al. (2019: 57).

474 In einer 2017 vom Schweizer Beratungsunternehmen Berinfor durchgeführten Studie wurden deutsche und schweizerische Hochschulen zum Thema Digitalisierung befragt. Während über 60 Prozent der deutschen und der schweizerischen Hochschulen angaben, die Möglichkeiten der Digitalisierung studiumsbezogener Verwaltungsprozesse stark oder sehr stark einzusetzen, zeigte sich bei der Bewertung der nicht-studiumsbezogenen Verwaltungsprozesse ein deutlicher Unterschied zwischen deutschen und schweizerischen Hochschulen. So gaben 46 Prozent der Hochschulen in der Schweiz an, die Möglichkeiten der Digitalisierung bei nicht-studiumsbezogenen Verwaltungsprozessen stark oder sehr stark zu nutzen, wohingegen dies nur bei 30 Prozent der deutschen Hochschulen der Fall war. Vgl. eigene Auswertung auf Basis der Berinfor-Daten aus Licka und Gautschi (2017).

475 Die internen Verwaltungsprozesse der Hochschulen werden vom OZG nicht erfasst.

476 Vgl. Stocksmeier und Hunnius (2018: 42f.).

477 Vgl. Pongratz (2017: 24).

478 Im Rahmen des TUMonline-Basics-Videos wird Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern eine Einweisung in TUMonline gegeben. Im Video werden u. a. der Aufbau und die verschiedenen Funktionen von TUMonline erläutert. Außerdem wird erklärt, wie eine MitarbeiterCard zu beantragen und die E-Mail-Adresse einzurichten ist.

479 Dazu zählen u. a. IT-Prozesse in der Hochschulverwaltung sowie IT-Infrastrukturprojekte im Bereich der Lehre und in geringerem Maße in der Forschung.

480 Kooperationen bezüglich der Digitalisierung der Hochschule als Gesamtinstitution betreiben 41 Prozent der antwortenden Hochschulen. Vgl. Gilch et al. (2019: 128).

481 Für einen Überblick über die Verbünde und Kooperationen vgl. Gilch et al. (2019: 240ff.).

482 Vgl. Gilch et al. (2019: 130).

483 Beispielsweise förderte die hessische Landesregierung den Aufbau von Kompetenzzentren zum E-Learning an den landeseigenen Hochschulen und unterstützte später die Schaffung des Kompetenznetzes E-Learning Hessen als gemeinsame Aktivität der hessischen Hochschulen. Vgl. Gilch et al. (2019: 240ff.) sowie https://wissenschaft.hessen.de/wissenschaft/it-neue-medien/kompetenznetz-e-learning-hessen (letzter Abruf am 18. Januar 2019). Neben diesem Beispiel für eine bereichsspezifische Kooperation (Bereich Lehre) existieren auch übergreifende Kooperationsformen wie z. B. die Digitale Hochschule NRW, eine Kooperationsgemeinschaft von 42 Hochschulen und dem Ministerium für Kultur und Wissenschaft des Landes Nordrhein-Westfalen. Übergeordnetes Ziel der Digitalen Hochschule NRW ist die Koordinierung und Förderung der Digitalisierung der nordrhein-westfälischen Hochschulen in den Handlungsfeldern Lehre, Forschung, Infrastruktur und Management. Vgl. Gilch et al. (2019: 241) sowie https://www.dh-nrw.de (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

484 Ein Kooperationsbeispiel für den Bereich der Forschung ist das Deutsche Forschungsnetzwerk (DFN), vgl. https://www.dfn.de (letzter Abruf am 18. Januar 2019). Im DFN-Verein haben sich bundesweit über 300 Hochschulen und Forschungseinrichtungen zur Schaffung eines rechnergestützten Informations- und Kommunikationssystems zusammengeschlossen. Ein zentrales Ergebnis dieser Zusammenarbeit ist die Einrichtung und Weiterentwicklung einer gemeinsamen Cloud für die Wissenschaft (DFN-Cloud). Darüber hinaus ist es das erklärte Ziel des Vereins, gemeinsam mit den Mitgliedern neue und verbesserte Cloud-Dienste zu entwickeln. Vgl. https://www.dfn.de/dfn-cloud (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

485 Vgl. HFD (2016: 30). Ein Beispiel für ein solches Kooperationsnetzwerk ist die Virtuelle Hochschule Bayern, ein Verbundinstitut von 31 bayerischen Universitäten und Fachhochschulen, das den Studierenden, die an einer bayerischen Hochschule immatrikuliert sind, netzgestützte Lehrangebote zur Verfügung stellt. Vgl. https://www.vhb.org/startseite (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

486 Beispiele hierfür sind: Die Lernplattform ILIAS der Hochschule des Bundes, vgl. https://www.hsbund.de/DE/02_Studium/50_ILIAS/ILIAS-node.html, das Netzwerk ProfiLehrePlus der bayerischen Hochschulen, vgl. https://www.profilehreplus.de sowie das Hochschulforum Digitalisierung, vgl. https://hochschulforumdigitalisierung.de. Ein Beispiel für ein länderübergreifendes Angebot ist die Virtuelle Fachhochschule (VFH), vgl. https://www.vfh.de (letzter Abruf jeweils am 18. Januar 2019).

487 Vgl. Gilch et al. (2019: 132). Ein Beispiel hierfür ist das Hochschulservicezentrum Baden-Württemberg, das die Verwaltungen der nicht-universitären Hochschulen bei der Einführung und Nutzung der Studierendenverwaltung, der Ressourcenverwaltung und der Datenverarbeitung unterstützt. Vgl. https://www.hsz-bw.de (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

488 Beispiele für IT-Dienste, die im Rahmen von Hochschulverbünden und -Konsortien entwickelt wurden, sind Community-Clouds wie die DFN-Cloud und Sciebo oder Media-Server wie der Videocampus Sachsen. Vgl. HFD (2016: 163) sowie https://blogs.hrz.tu-freiberg.de/videocampus (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

489 Beispiele für diese Angebote sind der Cloud-Speicherdienst Sciebo aus Nordrhein-Westfalen und der Videocampus Sachsen. Vgl. https://www.sciebo.de sowie https://blogs.hrz.tu-freiberg.de/videocampus (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

490 Digitalisierung ist für die Hochschulen eine Daueraufgabe. Durch die kurzen Innovationszyklen sind immer wieder neue Investitionen in Hard- und Software sowie in Qualifizierungsmaßnahmen für Personal notwendig. Zudem steigen die Nachfrage nach Hochleistungsrechnern sowie Komplexität und Sicherheitsanforderungen an die digitalen Systeme stetig. Vgl. Henke und Pasternack (2017: 81).

491 Vgl. Gilch et al. (2019: 126).

492 Vgl. Gilch et al. (2019: 126).

493 Vgl. HFD (2016: 33).

494 Ziele des Programms sind eine bessere Personalausstattung von Hochschulen, ihre Unterstützung bei der Qualifizierung und Weiterqualifizierung ihres Personals sowie die Sicherung und Weiterentwicklung einer qualitativ hochwertigen Hochschullehre. Grundlage des Förderprogramms ist die Verwaltungsvereinbarung zwischen Bund und Ländern nach Artikel 91b Absatz 1 Nummer 2 des Grundgesetzes über ein gemeinsames Programm für bessere Studienbedingungen und mehr Qualität in der Lehre (Verwaltungsvereinbarung) vom 30. September 2010. Der Bund fördert die Hochschulen bei der Umsetzung innovativer Maßnahmen, die Sitzländer der Hochschulen stellen durch die Grundausstattung die Gesamtfinanzierung sicher. Vgl. https://www.bmbf.de/de/qualitaetspakt-lehre-524.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019) sowie Information des BMBF vom 26. Mai 2018.

495 Das vom BMBF etablierte Forschungsfeld „Digitale Hochschulbildung“ innerhalb des Förderschwerpunkts „Wissenschafts- und Hochschulforschung“ widmet sich innovativen digitalen Lehr-Lern-Formaten sowie deren strukturellen Gestaltungs- und Gelingensbedingungen auf unterschiedlichen Hochschulebenen. Ziel ist es, für Politik und Praxis wissenschaftlich fundiertes Handlungswissen

zu funktionierenden digitalen Formaten, ihren Rahmenbedingungen sowie den Innovationshemmnissen zu generieren. Laufzeit: 2017 bis 2026; Volumen: 38,7 Millionen Euro. Vgl. https://www.wihoforschung.de/forschung-zur-digitalen-hochschulbildung-27.php (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

496 Das Hochschulforum Digitalisierung (HFD) wurde 2014 gegründet. Es ist eine gemeinsame Initiative des Stifterverbandes für die Deutsche Wissenschaft, des CHE Centrum für Hochschulentwicklung und der Hochschulrektorenkonferenz. Das HFD verfolgt drei Ziele: Umsetzung von Hochschulstrategien, Kompetenzaufbau für die Nutzung digitaler Lehr- und Lernformate sowie Generierung neuer Ideen und Entwicklung von Zukunftsszenarien. Vgl. https://hochschulforumdigitalisierung.de/de/wir/hochschulforum (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

497 Vgl. CDU, CSU, SPD (2018: 37ff.).

498 Darin heißt es: „Wir wollen den Fernhochschulen mit dem ‚Open University Network' eine Plattform zur Koordinierung anbieten.“ Vgl. CDU, CSU, SPD (2018: 33f.).

499 Diese häufig ressortübergreifenden Konzepte skizzieren in der Regel einen allgemeinen Handlungsrahmen für die Bemühungen der Landesregierungen, die Digitalisierung in unterschiedlichen Themenbereichen zu forcieren, und sind mit unterschiedlich konkreten Maßnahmen und finanziellen Mitteln hinterlegt, wobei die Finanzierung vielfach unter Haushaltsvorbehalt steht. Es zeigt sich, dass in den einzelnen Bundesländern unterschiedliche Einführungs- oder Umsetzungsgrade bezüglich der Strategien zur Digitalisierung existieren. Vgl. Gilch et al. (2019: 181).

500 Eigene Auswertung der Befragungsdaten. Vgl. Gilch et al. (2019).

501 Vgl. IT-Planungsrat (2016).

502 Vgl. Gilch et al. (2019: 157).

503 Außeruniversitäre Forschungseinrichtungen, soweit sie mehrheitlich vom Bund finanziert werden, unterliegen nicht dem TV-L. Für sie gilt der für Einrichtungen der öffentlichen Verwaltung von Bund (TVöD-Bund) und Kommunen (TVöD-VKA) abgeschlossene Tarifvertrag für den öffentlichen Dienst (TVöD). Vgl. Gilch et al. (2019: 116).

504 So ist die Einordnung der IT-Fachkräfte in die Entgeltgruppen anhand von Qualifikationsanforderungen, Tätigkeitsmerkmalen und Tätigkeitsprofilen deutlich detaillierter geregelt als im TVöD und lässt somit weniger Spielraum für individuelle Personalentscheidungen der Hochschulen. Ein weiterer Unterschied zwischen TVöD und TV-L besteht darin, dass nach TVöD auch Bachelorabsolventinnen und -absolventen der Informatik in die Entgeltgruppe 13 eingruppiert werden können, was im TV-L nur mit Diplom- oder Masterabschluss möglich ist Vgl. Gilch et al. (2019: 117).

505 Unterschiede zwischen TV-L und TVöD lassen sich in Bezug auf die Einstufung nicht auf der unmittelbaren Ebene der Tarifverträge, sondern in Maßnahmen der Vereinigung der kommunalen Arbeitgeberverbände (VKA) bzw. unabhängig davon des Bundesinnenministeriums für den Arbeitgeber Bund, festmachen. Die Mitgliederversammlung der VKA hat eine „Arbeitgeberrichtlinie zur Gewinnung und zur Bindung von Fachkräften, insbesondere auf dem Gebiet der Informationstechnik und von Ingenieurinnen und Ingenieuren“ beschlossen, die von den Mitgliedsverbänden für den Geltungsbereich des TVöD-VKA und des TV-L bis zum 31. Dezember 2020 angewendet warden kann. Eine vergleichbare Richtlinie haben die Länder als Arbeitgeber für ihren Geltungsbereich bisher nicht beschlossen. Vgl. Gilch et al. (2019: 119) sowie Vereinigung Kommunaler Arbeitgeberverbände (2018).

506 Für neu eingestellte Fachkräfte ohne Berufserfahrung ist im begründeten Einzelfall eine Zuordnung zur Stufe 2 oder 3 der Entgelttabelle möglich. Besteht die Notwendigkeit, der Abwanderung einzelner Beschäftigter entgegenzuwirken, kann auch eine Zuordnung zur Stufe 4 erfolgen. Vgl. Gilch et al. (2019: 119). Diese Arbeitgeberrichtlinie sieht zudem die Möglichkeit vor, Fachkräften eine Zulage von monatlich bis zu 1.000 Euro zu gewähren. Vergleichbare Möglichkeiten gibt es im TV-L nicht. Vgl. Gilch et al. (2019: 115) sowie Vereinigung Kommunaler Arbeitgeberverbände (2018).

507 Dieses Bild ist allerdings nicht eindeutig, da andere Hochschulen darauf hinweisen, dass vor dem Hintergrund der langen Zeit zwischen Veröffentlichung und Geltung in Deutschland ausreichend Zeit zur Vorbereitung der Umsetzung der DSGVO gewesen sei. Vgl. Gilch et al. (2019: 139).

508 Als Learning Analytics wird die Interpretation verschiedenster Daten bezeichnet, „die von Studierenden produziert oder für sie erhoben werden, um Lernfortschritte zu messen, zukünftige Leistungen vorauszuberechnen und potenzielle Problembereiche aufzudecken.” Vgl. Johnson et al. (2012: 26).

509 Vgl. HFD (2016: 52).

510 Vgl. HFD (2016: 28).

511 Vgl. HFD (2016: 23 und 28).

512 Vgl. https://www.forschung-und-lehre.de/was-hochschulen-beim-datenschutz-beachten-muessen-772 sowie https://www.gew.de/tipps-zum-datenschutz (letzter Abruf jeweils am 18. Januar 2019).

513 Vgl. Gilch et al. (2019: 128ff.) sowie HFD (2016: 35 und 169f.).

514 Vgl. EFI (2015: 60ff.).

515 Der Gesetzgeber räumt mit der Wissenschaftsschranke beispielsweise den Nutzerinnen und Nutzern urheberrechtlich geschützter Werke die Freiheit zur persönlichen Vervielfältigung ein (Privatkopie). Schrankenregelungen können generell mit Vergütungsansprüchen der Rechteinhaberin bzw. des Rechteinhabers gekoppelt werden. Vgl. EFI (2015: 60).

516 Laut Urheberrechtsgesetz dürfen zur Veranschaulichung des Stoffs in Unterricht und Lehre an Bildungseinrichtungen bis zu 15 Prozent eines veröffentlichten Werkes vervielfältigt und öffentlich zugänglich gemacht werden. Dies ist aber nur für Lehrende und Teilnehmende der jeweiligen Veranstaltung sowie für Lehrende und Prüferinnen bzw. Prüfer derselben Bildungseinrichtung zulässig. Ähnliches gilt für nicht-kommerzielle wissenschaftliche Forschung. Bis zu 15 Prozent eines veröffentlichten Werkes dürfen vervielfältigt, verbreitet und öffentlich zugängig gemacht werden, allerdings nur für einen abgegrenzten Kreis von Personen für deren eigene wissenschaftliche

Forschung sowie für Dritte, soweit dies der Überprüfung der Qualität wissenschaftlicher Forschung dient. Für die eigene Forschung dürfen bis zu 75 Prozent eines Werkes Vervielfältigt werden. Neu eingeführt wurde eine Schranke zum Text- und Data Mining (§ 60d), um eine automatisierte Auswertung von Ursprungstexten zu nicht kommerziellen Zwecken durchführen zu können. Vgl. Kreutzer und Hirche (2017) sowie https://www.bmjv.de/SharedDocs/Gesetzgebungsverfahren/DE/UrhWissG.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

517 Vgl. Kreutzer und Hirche (2017) sowie https://www.forschung-und-lehre.de/recht/hochschulrelevante-aenderungen-durch-das-geplante-urhwissg-195 (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

518 Vgl. https://www.bmjv.de/SharedDocs/Gesetzgebungsverfahren/DE/UrhWissG.html (letzter Abruf am 18. Januar 2019).

519 Vgl. EFI (2012: 58).

520 Vgl. EFI (2012: 58) sowie EFI (2015: 57).

C 1

521 Vgl. Gehrke et al. (2019).

C 2

522 Vgl. Schasse (2019).

C 3

523 Vgl. hierzu und im Folgenden Rammer und Hünermund (2013).

524 Vgl. hierzu auch Rammer et al. (2019).

525 Vgl. Blind (2002).

526 Vgl. ISO (2009) und https://www.iso.org/members.html (Abruf am 18. Januar 2019).

C 4

527 Dieser Abschnitt sowie die folgenden Abbildungen basieren auf Bersch und Gottschalk (2019).

528 Eine interne Finanzierung ist kaum möglich, da die Unternehmen zu Beginn keine oder kaum Umsätze erwirtschaften, aus denen sie Investitionen tätigen und laufende Ausgaben bezahlen können. Auch die Aufnahme von Fremdkapital in Form von Bankkrediten gestaltet sich schwierig, da es für Banken nicht leicht ist, die Erfolgsaussichten der Unternehmen zu beurteilen.

529 Invest Europe ist der europäische Verband der Private-Equity- und Risikokapitalinvestoren und betreibt mit der European Data Cooperative (EDC) eine Plattform zur Sammlung von Private-Equity- und Wagniskapitaldaten. Auf Grundlage der Informationen in der EDC-Datenbank sowie der Daten von Eurostat und des Internationalen Währungsfonds stellt Invest Europe in regelmäßigen Abständen aktualisierte Daten zu Wagniskapitalinvestitionen bereit. Basis dafür sind Informationen von den nationalen Wagniskapitalverbänden, die ihre Informationen durch Mitgliederbefragungen erhalten. Die harmonisierte Erfassung und Aufbereitung der Daten sorgt für eine gute internationale Vergleichbarkeit.

530 Dies ist dann gegeben, wenn investierende Marktteilnehmer nicht bei Invest Europe als Mitglied erfasst sind oder es sich um einen außereuropäischen Investor handelt.

531 Die Zephyr M&A-Datenbank enthält Informationen zu Mergers and Acquisitions (M&A), getrennt nach Private-Equity-, Venture-Capital- und Business-Angel-Investitionen. Die Angaben umfassen die Investitionssumme, das Unternehmen, in das investiert wurde (Portfolio-Unternehmen), und den Investor. Da die Zephyr M&A-Datenbank in erster Linie größere Investitionen enthält, werden die Informationen aus dieser Datenbank um die aus der Majunke-Transaktionsdatenbank ergänzt. Diese Datenbank wird von Majunke Consulting bereitgestellt und erfasst Venture-Capital-Investitionen in Deutschland, Österreich und dem deutschsprachigen Teil der Schweiz. Sie enthält ebenfalls Angaben zur Investitionssumme, zum Portfolio-Unternehmen und zum Investor und schließt auch kleine Investitionen mit ein. Da in beiden Datenbanken neben den Wagniskapitalinvestitionen auch eine Reihe anderer Investitionen in Unternehmen enthalten sind, wird für jede Transaktion überprüft, ob es sich mit hinreichend großer Wahrscheinlichkeit tatsächlich um eine Wagniskapitalinvestition handelt. Dafür werden Informationen über die an einem Unternehmen beteiligten (natürlichen und juristischen) Personen aus dem Mannheimer Unternehmenspanel (MUP) verwendet.

532 Untypische Investoren sind all jene Marktteilnehmer, die direkte Wagniskapitalbeteiligungen eingehen, deren Kerngeschäft jedoch ein anderes ist. Hierzu zählen beispielsweise Vermögensverwalter, Dachfonds, Banken und Versicherer sowie etablierte Unternehmen.

C 5

533 Allerdings ist die Vergleichbarkeit der einzelnen Länderdaten nicht uneingeschränkt gegeben. Vgl. hierzu detailliert Müller et al. (2014).

534 Vgl. hierzu im Einzelnen Müller et al. (2013).

535 Vgl. hierzu und im Folgenden Bersch und Gottschalk (2019: 29).

536 Eine originäre Neugründung liegt vor, wenn eine zuvor nicht ausgeübte Unternehmenstätigkeit aufgenommen wird und zumindest eine Person ihren Haupterwerb damit bestreitet. Eine Unternehmensschließung liegt vor, wenn ein Unternehmen keine wirtschaftliche Tätigkeit mehr durchführt und am Markt keine Produkte mehr anbietet.

537 Das MUP hat eine deutlich enger gefasste Definition von wirtschaftsaktiven Unternehmen sowie von Markteintritten und -austritten, sodass eher geringe unternehmerische Aktivitäten im MUP nicht erfasst werden.

538 Vgl. hierzu und im Folgenden Bersch und Gottschalk (2019: 12).

539 Vgl. hierzu und im Folgenden Bersch und Gottschalk (2019: 17).

540 Vgl. im Folgenden Bersch und Gottschalk (2019: 24).

C 6

541 Vgl. Neuhäusler et al. (2019)

C 7

542 Vgl. Stahlschmidt et al. (2019).

C 8

543 Dieser Abschnitt sowie die folgenden Abbildungen basieren auf Gehrke und Schiersch (2019).
544 Für eine methodische Erläuterung des RCA-Indikators vgl. Schiersch und Gehrke (2014: 74f.).

D 4

545 Vgl. Gehrke et al. (2013).

Kontakt und weitere Informationen
Geschäftsstelle der Expertenkommission
Forschung und Innovation (EFI)
Pariser Platz 6
D-10117 Berlin
Tel.: +49 (0) 30 3229 82 564
Fax: +49 (0) 30 3229 82 569
E-Mail: kontakt@e-fi.de
www.e-fi.de

Herausgeber
Expertenkommission Forschung und
Innovation (EFI), Berlin.

Zitierhinweis
EFI – Expertenkommission Forschung und Innovation
(2019): Gutachten zu Forschung, Innovation und
technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2019,
Berlin: EFI.

Gestaltung
Kognito Gestaltung, Berlin

Produktion
Buch- und Offsetdruckerei H. Heenemann
GmbH & Co. KG, Berlin

Redaktionsschluss: 18. Januar 2019

Die im Jahresgutachten 2019 verwendeten Abbildungen
und Tabellen sowie die dazugehörigen Datensätze
stehen in der Online-Version des Gutachtens sowie auf
www.e-fi.de zum Herunterladen bereit.



Satz: Satzweiss.com Print, Web, Software GmbH, Mainzer Straße 116, 66121 Saarbrücken, www.satzweiss.com
Druck: Printsystem GmbH, Schafwäsche 1-3, 71296 Heimsheim, www.printsystem.de
Vertrieb: Bundesanzeiger Verlag GmbH, Postfach 10 05 34, 50445 Köln, Telefon (02 21) 97 66 83 40, Fax (02 21) 97 66 83 44, www.betrifft-gesetze.de
ISSN 0722-8333